

05.01.2005

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年11月15日

出願番号  
Application Number: 特願2004-331263  
[ST. 10/C]: [JP 2004-331263]

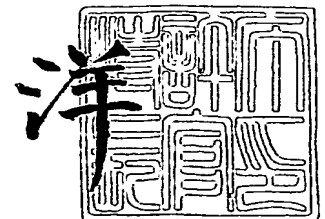
出願人  
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所



2004年11月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3108223

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2004006557  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G06F 3/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所  
                        つくばセンター内  
    【氏名】 中村 則雄  
【発明者】  
    【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所  
                        つくばセンター内  
    【氏名】 福井 幸男  
【発明者】  
    【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所  
                        つくばセンター内  
    【氏名】 酒井 勝隆  
【特許出願人】  
    【識別番号】 301021533  
    【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所  
    【代表者】 吉川 弘之  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-390802  
    【出願日】 平成15年11月20日  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-402892  
    【出願日】 平成15年12月 2日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 220262  
    【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、  
前記2つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段とを備えたことを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 2】**

2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、  
前記2つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段とを備えたことを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 3】**

単一の偏心回転子、および／または2つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または3次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2次元的または3次的に複数個配置した偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段と、  
前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 4】**

請求項3に記載の触力覚情報提示システムにおいて、  
前記偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、  
前記制御手段の制御態様に応じて、空間的および時間的に変化する振動および／または振動感覚、トルクおよび／またはトルク感覚、力および／または力感覚を提示することを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 5】**

請求項4に記載の触力覚情報提示システムにおいて、  
前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、振動、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、3次的抗力の提示に起因した3次元物体の形状感覚、弾力感覚、触覚感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力、振動、トルクが通過していく感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示させることを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 6】**

3次的に複数個配置した回転子を有する触力覚提示手段と、前記触力覚提示手段の合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための制御手段とを備えた触力覚情報提示システムであって、  
前記制御手段は、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御することを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 7】**

請求項1乃至6のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、  
前記触力覚提示手段は、携帯型の通信機器もしくは可搬型の電子機器に搭載可能な形状であることを特徴とする触力覚情報提示システム。

**【請求項 8】**

2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、  
前記2つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させることを特徴とする触力覚情報提示方法。

**【請求項 9】**

2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、

前記 2 つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させることを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 10】

単一の偏心回転子、および／または同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または 3 次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2 次元的または 3 次元的に複数個配置した偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段を制御するに際して、

前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を個別に制御することを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の触力覚情報提示方法において、

前記偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、空間的および時間的に変化する振動および／または振動感覚、トルクおよび／またはトルク感覚、力および／または力感覚を提示することを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の触力覚情報提示方法において、

前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、振動、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、3 次元的抗力の提示に起因した 3 次元物体の形状感覚、弾力感覚、触覚感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力、振動、トルクが通過していく感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示させることを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 13】

3 次元的に複数個配置した回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記触力覚提示手段の合成角運動量ベクトルの時間変化を制御する触力覚情報提示方法であって、

前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御することを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、

前記触力覚提示手段は、偏心回転子を回転させる回転手段を含み、

前記制御手段は、前記触力覚提示手段に含まれている前記回転手段の回転状態を制御し

、  
前記回転手段は、回転させる偏心回転子と一体となって回転することを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 7、又は 14 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、

前記触力覚提示手段は、偏心回転子と一体となって回転するフィンと、該フィンを囲む流体とを含む

ことを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の触力覚情報提示システムにおいて、

前記流体は空気であり、

前記触力覚提示手段は、前記フィンと相対する外部への穴を有することを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 7、又は 14、15 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、

外部情報を前記制御手段に入力する入力手段をさらに備え、  
前記制御手段は、前記入力手段から入力された外部情報に従って、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を制御することを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の触力覚情報提示システムにおいて、  
前記触力覚提示手段は、前記入力手段と前記制御手段とを含み、  
前記触力覚提示手段自身が前記触力覚情報提示システムであることを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 19】

請求項 1 乃至 7、又は 14 乃至 18 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、

偏心回転子に替えて圧電素子を使用し、  
前記制御手段は、前記触力覚提示手段に含まれている各圧電素子の電圧を制御することを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 20】

請求項 1 乃至 7、又は 14 乃至 18 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、

偏心回転子に替えて磁石を使用し、  
前記制御手段は、前記触力覚提示手段に含まれている各磁石の電圧を制御することを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 21】

請求項 1 乃至 7、又は 14 乃至 18 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムにおいて、

2つの偏心回転子の質点が、同一回転軸の周りに同一面上で回転することを特徴とする触力覚情報提示システム。

【請求項 22】

請求項 1 乃至 7、又は 14 乃至 21 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムの触力覚提示手段の機能を有することを特徴とする触力覚情報提示システムの触力覚提示機。

【請求項 23】

請求項 1 乃至 7、又は 14 乃至 21 のいずれかに記載の触力覚情報提示システムの制御手段の機能を有することを特徴とする触力覚情報提示システムの制御装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 触力覚情報提示システムおよび方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、感覚特性を利用した触力覚情報提示システムおよび方法に関するものである。

【0002】

さらに詳述すると本発明は、VR (Virtual Reality) の分野において用いられる機器、ゲームの分野において用いられる機器、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDA (携帯情報端末) などに搭載されるマンマシンインタフェースを提供するための触力覚情報提示システム、触力覚情報提示方法、触力覚情報提示システムの触力覚提示機、および触力覚情報提示システムの制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0003】

従来のVRにおける力覚提示機としては、張力もしくは反力の力覚提示において、人間の感覚器官に接した力覚提示部と力覚提示システム本体とがワイヤーあるいはアームでつながっており、これらワイヤー・アームなどの存在が人間の動きを拘束するという不都合がみられた。また、力覚提示システム本体と力覚提示部がワイヤーやアームでつながる有効空間でしか使用できないことに起因して、使用できる空間的広がりには制限があった。

【0004】

これに対して、非接地型で身体内にベースがないマンマシンインタフェースが提案された。しかし、この種の提示機ではモータの回転速度 (角速度) を制御することにより角運動量ベクトルの時間的な変化でトルクを提示しており、同一方向にトルク、および力などの触力覚情報を連続的に提示することは困難であった。

【0005】

非接地型の力覚情報提示機としては、ジャイロモーメントとジンバル構造を用いたトルク提示装置が開発されている (非特許文献1)。しかし、ジンバル構造では提示できるトルク方向が制限されており、また、構造が複雑になり制御が煩雑となるという問題点も有している。

【0006】

一方、3軸直交座標に配置された3つのジャイロモータの回転を独立に制御することで任意の方向、乃至任意の大きさでトルクを提示することができる非接地可搬型の力覚情報提示機 (非特許文献2) が提案されている。この力覚情報提示機では、3つのジャイロモータによって発生された角運動量合成ベクトルを制御することでトルクを発生させているので、構造が比較的簡単であり、制御も容易である。しかし、触力覚情報を連続的に提示可能にすること、および、トルク以外の力感覚を提示可能にすることが解決すべき点となっている。

【0007】

【非特許文献1】 吉江将之, 矢野博明, 岩田洋夫 「ジャイロモーメントを用いた非接地型力覚提示装置の開発」、ヒューマンインタフェース学会研究報告集、vol.3, No.5, pp. 25-30 (2000)

【非特許文献2】 田中洋吉, 酒井勝隆, 河野優香, 福井幸男, 山下樹里, 中村則雄 “Mobile Torque Display and Haptic Characteristics of Human Palm”, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL REALITY AND TELEXISTENCE, pp.115-120 (2001/12)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述の点に鑑み、本発明の第1の目的は、人に仮想物体の存在や衝突の衝撃力を与える従来の非接地型で身体内にベースがないマンマシンインタフェースにおいて、人間の感覚特性を利用した触力覚情報提示機構を実現することで、触力覚提示機の物理的特性だけで

は提示し得ない、同一方向に振動・トルク・力などの触力覚情報を連続的に提示できる触力覚情報提示システムおよび方法を提供することにある。

【0009】

また、上記マンマシンインタフェースで連続的に物理量を提示し続ける時、提示機の性能が十分に大きければ、連続して同一方向にトルク、乃至力などの物理量を提示し続けることができる。しかし、現実的には提示機の性能は無限大ではなく、提示機の性能が十分でない場合は、例えば、連続的にトルクを提示し続ける時、提示の1サイクルの中で回転子の回転速度を初期状態に戻す必要が出てくる。つまり、回転子の角運動量ベクトルの積分値をゼロにすることが求められる。この場合、正反対のトルクまたは力を提示することになり、正方向と負方向の感覚が互いに打ち消し合うという問題が生じる。

【0010】

よって、本発明の第2の目的は、人間の感覚特性を利用して、触力覚提示機の動作において、たとえ物理的に1サイクルで初期状態に戻り、物理的な積分値がゼロになったとしても、感覚量の感覚的積分値がゼロにはならず、任意の方向に自在に感覚を提示し続けることのできる触力覚情報提示システムおよび方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するために、本発明に係る第1の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、前記2つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段とを備えた触力覚情報提示システムである。

【0012】

本発明に係る第2の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、前記2つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段とを備えた触力覚情報提示システムである。

【0013】

本発明に係る第3の形態は、単一の偏心回転子、および／または2つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または3次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2次元的または3次元的に複数個配置した偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段と、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を制御する制御手段とを備えた触力覚情報提示システムである。

【0014】

本発明に係る第4の形態は、3次元的に複数個配置した回転子を有する触力覚提示手段と、前記触力覚提示手段の合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための制御手段を備えた触力覚情報提示システムであって、前記制御手段は、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御する触力覚情報提示システムである。

【0015】

本発明に係る第5の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記2つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させる触力覚情報提示方法である。

【0016】

本発明に係る第6の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記2つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる触力覚情報提示方法である。

【0017】

本発明に係る第7の形態は、単一の偏心回転子、および／または同一の回転軸上に配設された2つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または3次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2次元的または3次元的に複数個配置した偏心回転子アレイ

を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を個別に制御する触力覚情報提示方法である。

【0018】

本発明に係る第8の形態は、3次元的に複数個配置した回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記触力覚提示手段の合成角運動量ベクトルの時間変化を制御する触力覚情報提示方法であって、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御する触力覚情報提示方法である。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る触力覚情報提示システムおよび触力覚情報提示方法を実施することにより、以下に列挙する格別な効果を得ることができる。

【0020】

(1) 非接地型で身体内にベースがないマンマシンインタフェースでは従来困難だった、トルクおよび力などの触力覚情報を同一方向に連続的または断続的に提示することが可能になる。

【0021】

(2) 人間の感覚特性および錯覚を利用することにより、物理的には存在し得ないトルクあるいは力などの触力覚的感覚物理特性を人に提示することが可能になる。

【0022】

(3) 人間の感覚特性を利用することにより触力覚情報を省エネルギーで効率良く提示することが可能となり、小型化した触力覚提示システムを実現することができる。

【0023】

(4) 振動感覚、トルク感覚、力感覚を提示するために、従来はそれぞれに対応した装置が必要であったが、本発明によれば、偏心回転子という1つの機構で振動感覚、トルク感覚、力感覚のいずれか1つ以上を同時に提示することが可能となり、多様な触力覚情報を提示することができ、且つ、その提示システムを小型化することができる。

【0024】

(5) 本発明を実施することにより、VR (Virtual Reality) の分野において用いられる機器、ゲームの分野において用いられる機器、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDA (携帯情報端末) などに搭載され得る、有用なマンマシンインタフェース・ロボットとマシンとの間のインタフェース・動物とマシンとの間のインタフェース等を実現することができる。例えばVRの分野においては、上記マンマシンインタフェースを介して人に力を提示したり、抗力あるいは反力などを与えて人の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在や衝突による衝撃を提示することができる。また、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDAなどに上記インタフェースを搭載することにより、操作者の皮膚を介して、従来には見られなかった各種多様な指示・案内等を実現することができる。

【0025】

(6) 従来から知られている携帯電話のマナーモードなどで用いられている偏心回転子は、回転速度を増加させることで振動強度を増加させており、振動周波数と振動強度を独立に制御することはできなかったが、本発明を適用した偏心回転子では、回転速度を変化させることなしに、偏心振動の振動強度を変化させることができる。これによって、振動周波数と振動強度を独立に制御することが可能になる。

【0026】

(7) 本発明を適用したシート状偏心回転子アレイによれば、それぞれの偏心回転子の回転を適切に制御することで掌上に空間・時間的に様々なパターンの、振動感覚、トルク感覚、力感覚を提示することができる。また、シート状偏心回転子アレイは、手袋もしくは衣類もしくはその他ウェアラブルな形態を有するものに応用することができる。

【0027】



(8) 本発明を適用したシート状偏心回転子アレイによれば、掌などの動きに合わせて力感覚の空間部分を適切に変化させることにより、仮想的な物体の存在、形状、弾性、テクスチャーなどの物体に関する様々な触力覚情報を提示することができる。

#### 【0028】

(9) 慣性座標系において、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御する場合、その制御の容易さは大きな利点となる。すなわち、合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることによって、大きなトルクを発生させながらも、プリセッション・トルクを小さく抑え込むことが可能になる。また、ユーザの動きに伴ってトルク提示機が揺れて困る場合には、適度な大きさの合成角運動量ベクトルの近傍で合成角運動量ベクトルを時間変化させることにより、トルク提示機の揺れを抑えながら所定のトルクを提示することが可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0029】

以下、本発明による実施の形態を図面に基づいて説明する。

#### 【0030】

##### (動作原理1)

図1は、本発明の一実施形態における触力覚情報提示システムの概略構成を示す図である。

#### 【0031】

触力覚提示機112は、制御装置111を用いて、触力覚提示機112中の1個以上からなる回転子の回転速度が制御され、その物理特性である振動、力、トルクが制御されることによって、ユーザ110にその振動、力、トルクなどの様々な触力覚情報を知覚させる。

#### 【0032】

上述の図1と合わせて、以下では図2～40を参照し本実施形態の触力覚情報提示システムを説明するが、それに先立ち、図面として最後に添付されている図41の本実施形態の触力覚情報提示システムのブロック図を参照して、そのシステムのブロック構成の概要を説明する。

#### 【0033】

図41において、触力覚情報提示システム4101は、触力覚提示機4110、制御装置4120及び入力装置4130から構成される。触力覚提示機4110は、中にモータによって回転される1個以上の回転子4180を有し、制御装置4120からの制御によって回転する。回転子4180の駆動には、ステッピングモータやサーボモータ等を適用可能である。制御装置4120は、CPU (central processing unit) 4160、RAM (random access memory) 4170、ROM (read only memory) 4140等を有する。

#### 【0034】

CPU 4160は、制御装置4120の動作全体を司る。RAM 4170は、CPU 4160が処理を行う際の処理対象のデータ等を一時記憶するワークエリアとして使用される。ROM 4140は、制御プログラム4150が予め格納されている。制御プログラム4150は、入力装置4130からの入力信号対応した触力覚提示機4110の制御処理を規定したプログラムである。CPU 4160は、ROM 4140から制御プログラム4150を読み出し実行することにより、各入力信号に対応して触力覚提示機4110の回転子4180の制御を行う。

#### 【0035】

入力装置4130は、例えば、入力メニューのセレクトボタン等である。CPU 4160は、押下若しくはタッチ等によって選択されたセレクトボタンの入力に対応した処理（例えば、所定の回転の向きのトルクが発生するように触力覚提示機4110を制御）を行う。このような入力装置4130は、制御装置4120と一体化した制御装置4120の一部としてもよい。

## 【0036】

或いは、入力装置 4130 は、後述される筋電を検知するための周知の筋電検知器や周知の角加速度センサ等のデバイスである。CPU 4160 は、筋電検知器からの筋電発生のトリガ信号や角加速度センサからの角加速度の信号が制御装置 4120 へ入力されると、その入力をフィードバックした触力覚提示機 4110 の制御を行う。角加速度センサのような入力装置 4130 は、触力覚提示機 4110 と共に触力覚提示機 4110 内部に含まれる構成としてもよい。

## 【0037】

CPU 4160 が ROM 4140 から制御プログラム 4150 を読み出し実行することにより、各入力信号に対応して触力覚提示機 4110 の回転子 4180 の制御を行う一般的な処理方法については、当業者においては非特許文献 1、2 及びその他によって周知なため、詳述は要しないであろう。従って以下では、本実施形態に特徴的な、触力覚情報提示システムにおける制御装置の処理方式及び触力覚提示機の構造について説明する。

## 【0038】

図 2 および図 3 は、力覚に関する感覚特性を用いた、触力覚情報提示システムの制御装置によって触力覚提示機を制御する、触力覚情報提示方法を示す図である。

## 【0039】

感覚特性 211 は主に刺激である物理量 212 に対してその感覚量 213 は対数などの非線形特性である場合が多い。図 2-1 は感覚特性 211 が対数関数的な特性の場合を模式化したものである。この感覚特性 211 上の、動作点 A 214 で正のトルクを発生し、動作点 B 215 で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚 224 は図 2-2 のように表わされる。トルク 223 は回転子の回転速度（角速度）222 の時間微分に比例する。動作点 A 214、および動作点 B 215 で動作させると、トルク感覚 224 が知覚される。トルク 223 は、物理的に 1 サイクルで初期状態 228 に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚 224 の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点 A 214 および動作点 B 215 を適切に選択して、動作点 A 継続時間 225 および動作点 B 継続時間 226 を適切に設定することで、任意の方向に自在にトルク感覚を提示し続けることができる。

## 【0040】

以上のことは、感覚特性 211 が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。

## 【0041】

図 3 に示した（図 3-1）は、感覚特性 231 が閾値を持つ場合を模式化したものである。この感覚特性 231 上の、動作点 A 234 で正のトルクを発生し、動作点 B 235 で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚 244 は（図 3-2）のように表わされる。

## 【0042】

上記の（図 2-1）および（図 2-2）で示された感覚特性が非線形であった場合と同じように、トルク 243 は、物理的に 1 サイクルで初期状態 248 に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚 244 は、動作点 B 継続時間 246 の区間で感覚閾値以下なのでゼロとなる。その結果、片方の方向のみにトルク感覚を間欠的に提示し続けることができる。

## 【0043】

図 4 中の（図 4-1）～（図 4-3）は、力覚に関するヒステリシスの感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

## 【0044】

感覚特性は、筋肉を伸ばす時と縮める時など、変位 312 が増加する時と減少する時において等方的でなく、ヒステリシスの感覚特性 311 を示す場合が多い。（図 4-1）のヒステリシスの感覚特性 311 は感覚特性のヒステリシス的な特性を模式化したものである。このヒステリシスの感覚特性 311 上の、動作経路 A 314 で正のトルクを発生し、

動作経路 B 3 1 5 で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、これらの挙動は（図 4-2）のように表わされ、トルク感覚 3 3 4 は（図 4-3）のように表わされる。トルク 3 3 3 は回転子の回転速度 3 3 2 の時間微分に比例する。動作経路 A 3 1 4、および動作経路 B 3 1 5 で動作させると、トルク感覚 3 3 4 が知覚される。トルク 3 3 3 は、物理的に 1 サイクルで初期状態 3 3 8 に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚 3 3 4 の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作経路 A 3 1 4 および動作経路 B 3 1 5 を適切に選択して、動作経路 A 継続時間 3 3 5 および動作経路 B 継続時間 3 3 6 を適切に設定することで、任意の方向に強いトルク感覚を断続的に連続して提示し続けることができる。

#### 【0045】

図 5 および図 6 は、感覚特性を変化させる方法の一例として、力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0046】

感覚特性は、マスキング振動によってマスキングされトルク感覚 4 3 4 が減少する。このマスキング方法として、（視覚、聴覚のマスキングで実績のある）同時マスキング 4 2 4、前方マスキング 4 2 5、後方マスキング 4 2 6 があげられる。図 5 の（図 5-1）はマスキーであるトルク 4 1 3 を模式化したものであり、この時知覚されるトルク感覚 4 3 4 は（図 5-3）のように表わされる。トルク 4 1 3 は回転子の回転速度 4 1 2 の時間微分に比例する。

#### 【0047】

この時、回転子の回転速度 4 1 2 を初期化する初期化時間 4 1 5 と、それに対応したマスキング継続時間 4 2 5 を、図 6 に示した（図 6-1）の初期化時間 4 4 5 とマスキング継続時間 4 5 5 のように短縮していき、ある一定時間よりも短くなると初期化による負のトルクが物理的に存在するにも関わらず、トルク感覚 4 6 4 のようにトルクが連続して提示されているように感じられる臨界融合が生じる。

#### 【0048】

なお、マスキング振動を発生するマスキーは、それによってトルクがマスクされるマスキーである回転子と別な回転子であっても、マスキーである回転子自身であってもよい。

マスキーの回転子がマスキーでもある場合とは、マスキング時にその回転子が制御装置によってマスキング振動を発生するように制御されることを意味する。マスキーの振動方向は、マスキーの回転子の回転方向と同一であっても、あるいは同一でなくてもよい。

#### 【0049】

以上のことは、マスキーとマスキーが同一の刺激の場合（マスキーの回転子がマスキーでもある場合）にも起こり得る。図 7 は、この場合を模式化した図である。図 7 に示すように、強トルク感覚 4 8 5、4 8 6 の前後において、前方マスキング 4 8 5、後方マスキング 4 8 6 によりトルク感覚 4 8 4 が減少する。

#### 【0050】

図 8 は、力覚に関する感覚特性の変化に合わせて触力覚情報提示を制御する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0051】

感覚特性は、筋肉の緊張状態、あるいは、身体的・生理的・心理的状态のいずれか 1 つ以上の状態によりトルク感覚 5 1 7 の感度に変化する。例えば、筋肉が外力である提示トルク 5 1 4（短い時間で強いトルク 5 2 4）で瞬時に伸ばされることで、筋肉の中の筋紡錘というセンサがこれを感知し、この外力に負けないパワーを持つ筋肉起因トルク 5 1 5（筋肉反射起因トルク 5 2 5）で条件反射的に筋肉が素早く収縮する。このとき筋電 5 1 1 が発生する。それを検知した制御回路 5 1 2 は触力覚提示機 5 1 3 を制御して、筋肉の収縮に同期して提示トルク 5 1 6（穏やかに中程度のトルク 5 2 6）を働かせることでトルク感覚 5 1 7 の感度を変化させる。

#### 【0052】

以上のことは、筋肉の緊張状態だけに限らず、呼吸・姿勢・神経発火の状態のいずれか

1つ以上の状態による感覚感度の変化の場合にも成立する。

#### 【0053】

図9は、力覚に関する掌の方向に対する提示物理量と感覚量との関係によって提示物理量を補正する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す。掌は、その骨格・関節・腱・筋肉などの解剖学的な構造から、掌の方向によって感度が異なる。掌の方向に依存した感度（不等方性感度曲線611）に合わせて提示物理量の強度（回転速度 $\omega$  612）を補正することによって、精度良い方向提示が可能となる。

#### 【0054】

図10は、本実施形態の触力覚提示機中の回転子に適用可能な偏心回転子の説明図で、力覚に関する感覚特性を用い、偏心回転子711の回転を（図10-2のように）位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0055】

図10中の（図10-3）は、感覚特性731が対数関数的な特性の場合を模式化したものであり、感覚特性731は感覚特性211と同様に刺激である物理量732に対してその感覚量733が対数などの非線形特性であることを示している。この感覚特性731上の、動作点A734で正のトルクを発生し（偏心回転子711の偏心により振動も発生）、動作点B735で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚744は図10-4のように表わされる。トルク743は回転子の回転速度742の時間微分に比例する。動作点A734、および動作点B735で動作させると、トルク感覚744が知覚される。トルク743は、物理的に1サイクルで初期状態748に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚744の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点A734および動作点B735を適切に選択して、動作点A継続時間745および動作点B継続時間746を適切に設定することで、任意の方向に自在にトルク感覚を提示し続けることができる。

#### 【0056】

以上のことは、感覚特性731が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。（図10-3）の感覚特性731が（図3-1）の感覚特性231のように閾値を持つ場合も、（図3-2）と同様のトルク感覚が生じ、片方の方向のみにトルク感覚を間欠的に提示し続けることができる。

#### 【0057】

図11は、本実施形態の触力覚提示機中の回転子に適用可能な偏心回転子の説明図で、2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、振動感覚・トルク感覚・力感覚の触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0058】

図11中の（図11-2）は、（図11-1）の2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を同方向で同期回転させた場合を模式化したものである。この同期回転の結果、偏心回転が合成される。（図11-3）は、（図11-1）の2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を同方向で180度位相が遅れて同期回転させた場合を模式化したものである。この同期回転の結果、偏心のないトルク回転を合成することができる。

#### 【0059】

また（図11-4）は、（図11-1）の2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を反対方向に同期回転させた場合を模式化したものである。この反対方向の同期回転の結果、任意の方向に直線的に単振動する力を合成することができる。

#### 【0060】

図12中の（図12-1）は、（図11-2）における2つの偏心回転子A822および偏心回転子B823の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、偏心振動の振動強度を変化させる方法を示す図である。2つの偏心回転子A822および偏心回転子B823の回転の位相差（例えば、位相差0° 851、位相差90° 852、位相差180

° 853)を調整して、2つの偏心回転子合成重心(854、855、856)、および回転子の回転中心と合成重心との重心モーメント長(857、858、859)を適切に変化させることによって、偏心回転子(822、823)の回転速度を変化させることなしに、偏心振動の振動強度を変化させることができる。これによって、振動周波数と振動強度を独立に制御することができる。

#### 【0061】

これに対して、携帯電話のマナーモードなどで用いられている偏心回転子は、回転速度を増加させることで振動強度を増加させており、振動周波数と振動強度を独立に制御することはできない。

#### 【0062】

また(図12-2)は、(図11-4)における2つの偏心回転子A842および偏心回転子B843の回転の方向を適切に反転させることによって、力および/または力感覚の強弱、振動および/または振動感覚の強度を変化させる方法を示す図である。2つの偏心回転子A842および偏心回転子B843の適切な位相(例えば、位相0° 861、位相45° 862、位相90° 863、位相135° 864、位相180° 865)において回転方向を反転させることによって、振動の振幅(866、867)を適切に変化させることにより、偏心回転子(842、843)の回転速度を変化させることなしに、力、および/または力感覚の強度を可変にすることができる。これによって、力、および/または力感覚の周波数と強度とを独立して制御することができる。

#### 【0063】

図11-1~図12-2における説明では2つ偏心回転子の回転軸は同一軸上に表現されているが、特に同一軸上にある必然性はなく、同一軸上も含め回転軸が平行してさえすればよい。

#### 【0064】

図13は、2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を1組として、その3組を直交座標系に配置した触力覚提示機1301を示す図である。図中符号1310は偏心回転子、1311はそれを駆動するモータである。このように複数の偏心回転子を3次元空間的に配置することによって、(図11-2)~(図11-4)で示された振動感覚、トルク感覚、力感覚を任意の3次元方向に提示することができる。上記の直交座標系の配置は、3次元方向に提示するための一例である。

#### 【0065】

(応用例1)

図14は、(図10-1)の偏心回転子711、(図11-1)のツイン偏心回転子811、図13の3次元空間配置されたツイン偏心回転子のいずれかをシート状に2次元平面的に配置したシート状偏心回転子アレイ880を示す図である。ツイン偏心回転子の駆動部分の実施方法は、分子モータや圧電素子などでもよく、目的の物理量を提示できるものならばどんなものでも構わない。

#### 【0066】

図15は、本シート状偏心回転子アレイ880を手袋状に加工した手袋状偏心回転子アレイ890を示す図である。それぞれの偏心回転子の回転を適切に制御することで掌上に空間・時間的に様々なパターンの、振動感覚、トルク感覚、力感覚を提示することができる。

#### 【0067】

なお、上記のシート状偏心回転子アレイ880および手袋状偏心回転子アレイ890は実施形態の一例に過ぎず、偏心回転子アレイが3次元的に配置された場合を含め衣類やウェアラブルな触力覚情報提示などにも応用することができる。

#### 【0068】

図16は、力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子A912および偏心回転子B913の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0069】

ここで、(図16-2)は、(図16-1)の2つの偏心回転子A912および偏心回転子B913を同方向で180度位相が遅れて同期回転させた場合を模式化したものである。この同期回転の結果、偏心のないトルク回転を合成することができる。

#### 【0070】

(図16-3)は感覚特性931が対数関数的な特性の場合を模式化したものであり、感覚特性931は感覚特性211と同様に刺激である物理量932に対してその感覚量933が対数などの非線形特性であることを示している。この感覚特性931上の、動作点A934で正のトルクを発生し、動作点B935で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚944は(図16-4)のように表わされる。トルク943は回転子の回転速度942の時間微分に比例する。動作点A934、および動作点B935で動作させると、トルク感覚944が知覚される。

#### 【0071】

トルク943は、物理的に1サイクルで初期状態948に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚944の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点A934および動作点B935を適切に選択して、動作点A継続時間945および動作点B継続時間946を適切に設定することで、任意の方向に自在にトルク感覚を提示し続けることができる。

#### 【0072】

以上のことは、感覚特性931が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。(図16-3)の感覚特性931が(図3-1)の感覚特性231のように閾値を持つ場合も、(図3-2)と同様のトルク感覚が生じ、片方の方向のみにトルク感覚を間欠的に提示し続けることができる。

#### 【0073】

図17は、力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の回転を反対方向に位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0074】

図17中の(図17-2)は、(図17-1)の2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013を反対方向に同期回転させた場合を模式化したものである。この反対方向の同期回転の結果、任意の方向に直線的に単振動する力を合成することができる。(図17-3)は感覚特性1031が対数関数的な特性の場合を模式化したものであり、感覚特性1031は感覚特性211と同様に刺激である物理量1032に対してその感覚量1033が対数などの非線形特性であることを示している。この感覚特性1031上の、動作点A1034で正の力を発生し、動作点B1035で逆方向の負の力を発生した場合を考えると、力感覚1044は(図17-4)のように表わされる。2つの偏心回転子の合成回転速度の大きさ1042は偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の回転速度の合成であり、力1043は2つの偏心回転子の合成回転速度の大きさ1042の時間微分に比例する。動作点A1034、および動作点B1035で動作させると、力感覚1044が知覚される。力1043は、物理的に1サイクルで初期状態1048に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量である力感覚1044の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点A1034および動作点B1035を適切に選択して、動作点A継続時間1045および動作点B継続時間1046を適切に設定し、2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の同期位相を調整することで、任意の方向に自在に力感覚を提示し続けることができる。

#### 【0075】

以上のことは、感覚特性1031が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。(図17-3)の感覚特性1031が(図3-1)の感覚特性231のように閾値を持つ場合も、(図3-2)と同様な力感覚が生じ、片方の方向のみに力感覚を間欠的に提示し続けることができる。

#### 【0076】

図18は、図17で示された2つの偏心回転子を用いた力感覚の提示方法を用いて、自

分で押す感覚(図18-1)、膨張感(図18-2)、圧迫感(図18-3)、自分で引っ張る感覚(図18-4)、外部から引っ張られる感覚(図18-5)、外部から押される感覚(図18-6)を提示する方法を模式化した図である。

#### 【0077】

自分で押す感覚(図18-1)は、掌の裏と表に、ツイン偏心回転子1111およびツイン偏心回転子1112を用いて、それぞれ力1113および力1114を提示することによって、自分で掌の表によって物体を押したような感覚を提示することができる。

#### 【0078】

膨張感(図18-2)、圧迫感(図18-3)、自分で引っ張る感覚(図18-4)、外部から引っ張られる感覚(図18-5)、外部から押される感覚(図18-6)についても同様に提示することができる。

#### 【0079】

図19は、手袋状偏心回転子アレイ1170の1171上のそれぞれのツイン偏心回転子1172の回転を適切に制御することで、掌および指先などに、力1173、せん断力1174、トルク1175を提示する方法を示す図である。

#### 【0080】

また、図20のように、指に巻かれたスキン状偏心回転子アレイ1181上で同一方向にトルクを提示することで、指全体をひねる合成トルク1185を提示することができる。

#### 【0081】

さらに、図21のように、掌に提示する抗力1193の空間的な強度分布を適切に調整することで、球状抗力1191や立方体状抗力1192などを提示することによって、掌に球や立方体などの3次元形状感覚、あるいは弾力感覚およびプニョプニョ感などの触覚感覚を提示することができる。

#### 【0082】

さらに、図22のように、掌に提示する抗力1193の空間的な強度分布を時間的に変化させることによって、力が掌上を伝わって行く感覚1195、物が掌上を転がっていく感覚、力が掌を通過していく力感覚1196を提示することができる。同様に、せん断力、トルクなどを変化させることによって、表面粗さなどの仮想物体表面のテクスチャーを提示することができる。

#### 【0083】

図19～図22に示した以上の提示方法によれば、掌の動きに合わせて力感覚の空間分布を適切に変化させることによって、仮想的な物体の存在、形状、弾性、テクスチャーなどの物体に関する様々な触力覚情報を提示することができる。

#### 【0084】

(動作原理2)

図23は、任意方向に振動感覚・力感覚・トルク感覚のいずれか1つ以上の触力覚情報を、連続的、断続的に提示する制御方法の1例として、力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いて、任意の方向に振動触力覚情報提示方法を示す図である。

#### 【0085】

感覚特性は、マスキング振動1216によってマスキングされ力感覚1224が減少する。このマスキング振動は、(図17-2)において偏心回転子Aの回転速度1022および偏心回転子Aの回転速度1023を同期させて速度を振動されることによって発生させることができる。(図23-1)はこれを模式化したものであり、この時知覚される力感覚1224は(図23-2)のように表わされる。力1213は2つの偏心回転子の合成回転速度の大きさ1212の時間微分に比例する。

#### 【0086】

この時、回転子の回転速度1212を初期化する初期化時間1215を短縮していき、図23-3のようにある一定時間よりも短くなると初期化による負の力が物理的に存在す

るにも関わらず、力感覚 1244 のように力が連続して提示されているように感じられる  
臨界融合が生じる。

【0087】

以上のことは、マスキーとマスキーが異なる回転子による場合にも生じるし、また、力  
だけでなくトルクの場合にも同様な連続提示感覚が生じる。

【0088】

上記触力覚情報提示システムの実際の利用においては、人の何気ない動作によるトルク  
提示機の姿勢変化が、コリオリ力やジャイロ効果による慣性力として感じられてしまうた  
め、回転子自身の慣性力を極力抑えた上で大きなトルクも提示できる必要がある。以下で  
は、この慣性力について検討する。

【0089】

トルク感覚を発生させる方法として、慣性モーメントを持った回転体の回転速度を加速  
・減速する方法と、回転体をその回転軸と直交する軸周りに回転させる方法がある。機構  
学的見地から以下の回転子姿勢制御型（以下、ジャイロ型 1311 と呼ぶ）と、合成角運  
動量ベクトル微分型 1312 の 2 つに大きく分類される（図 24）。

【0090】

まず、ジャイロスコープを用いた回転子の姿勢を制御するジャイロ型 1311 を説明す  
る。ジンバル構造を用いて一定角速度  $\omega_0$  で回転する回転子の姿勢を 2 つのジンバル軸周  
りの回転角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  を変化させてトルクを発生させることができる。慣性モーメント  $I$  の  
回転体を角速度  $\omega_0$  で回転させた時の角運動量  $L_0$  は、

$$L_0 = I \omega_0$$

【0091】

と表わされる。このとき、トルクが発生する方向を考慮して、大きさ一定の角運動量ベク  
トル  $L$  ( $|L| = L_0$ ) を角速度  $\omega$  で回転させたときのトルクベクトル  $\tau$  は、

$$\tau = \omega \times L, \text{ ここで } \omega = d\theta / dt$$

で表わされる。

【0092】

次に、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御する合成角運動量ベクトル微分型 131  
2 を説明する。x 軸、y 軸、z 軸に固定された 3 つの回転子の回転数  $\omega_x$ 、 $\omega_y$ 、 $\omega_z$  を独  
立に制御して、それぞれの回転子の角運動量を合成することで任意の角運動量ベクトル  
を作り出すことができる。これを適切に制御すれば任意の方向にトルクを作り出すことが  
できる。角運動量ベクトル  $L$  を変化させた時のトルクベクトルは以下のように表される。

【0093】

各 x、y、z 軸周りに角速度  $\omega_i$  で回転する角運動量  $L_i$  は、各軸周りの慣性モーメン  
トを  $I_i$  とすると、

$$L_i = I_i \omega_i, \quad i = x, y, z$$

【0094】

と表わされる。これらの各軸周りの角運動量から構成される合成角運動量ベクトルは、x  
、y、z 軸方向の基本ベクトルを  $i$ 、 $j$ 、 $k$  とすると、

$$L = L_x i + L_y j + L_z k$$

と表わされる。この合成角運動量ベクトルの時間微分がトルクベクトル  $\tau$  である。

$$\tau = dL / dt$$

したがって、x、y、z 軸方向の角速度の比  $\omega_x : \omega_y : \omega_z$  を変えることで任意の方向  
に角運動量ベクトルの発生方向を制御することができる。本手法は制御が容易であり、変  
化に富んだ 3 次元力覚感覚を提示できる利点がある。なお、人が感じるトルクは、作用・  
反作用の法則により、このトルクベクトル  $\tau$  と同じ大きさで反対方向である。

【0095】

図 25 を参照すると、

【0096】

ここで、 $|L| = L_0$  で一定とし、合成角運動量ベクトル  $L$  の向きが  $\omega = d\Omega / dt$  で



回転する場合、

$$\begin{aligned}\tau &= dL/dt \\ &= \omega \times L\end{aligned}$$

となり、ジャイロ型と一致する。このことは、ジャイロ型で提示可能なトルクは本提案方式によって提示できるが、その逆は非であることを示している。

#### 【0097】

いま、所謂ヒトナビでの利用を考えた場合、ユーザの姿勢の動きが角運動量ベクトルの変化を生じ、意図しないトルクが提示される可能性がある。そこで、慣性座標系0に対して角速度ベクトル $\Omega$ で回転する回転座標系 $0_n$ 上で回転する合成角運動量ベクトル $L$ によって発生するトルクについて考察する。

慣性座標系 $01330$ および回転座標系 $0_n1331$ における運動方程式は、

$$\begin{aligned}\tau &= [dL/dt]_0 \\ &= [dL/dt]_{0_n} + \Omega \times L\end{aligned}$$

と表わされる。図25に示すように、回転する人の掌上の合成角運動量ベクトル $1332$ の時間変化によって人が感じられるトルクは、回転座標系 $0_n1331$ において合成角運動量ベクトル $1332$ の時間変化によるトルク $[dL/dt]_{0_n}$ 、および、プリセッション・トルク $\Omega \times L$ が加算されたものとなる。このプリセッションとは、ジャイロに外部からトルクが加えられると加えられたトルクと直交する方向にジャイロのスピンの軸が回転することであり、ここでのプリセッション・トルクの発生の原因は座標軸の回転にある。すなわち、ユーザの掌の上でユーザから見て角運動量 $L$ の時間的な変化がない場合でも、ユーザが図25のように角速度 $\Omega$ で回転しようとした時にはプリセッション・トルク $\Omega \times L$ を感じるようになる。

#### 【0098】

ここでナビゲーションを行う場合、ユーザの姿勢の変化が抑制される場合が発生する。これは、ユーザの体が水平方向に回転した場合、角速度 $\Omega$ と直交する角運動量 $L_x i$ 、および $L_y j$ に対してジャイロコンパスでよく知られているプリセッション・トルクが働きユーザの体の回転 $\Omega$ を抑制しようと働くためである。このプリセッション・トルクはユーザの自由な動きを妨げる反面、ユーザの歩行に伴うトルク提示デバイスのふらつきを抑える効果もある。また、ユーザの腕が上下方向に動いた場合、角運動量 $L_x i$ 、および $L_z k$ に対して同様なプリセッション・トルクが働く。つまり、ユーザが体を動かすとトルクが働いてジャイロコンパスのように常に同じ方向を示そうとする。

#### 【0099】

本実施形態による制御特徴は、合成角運動量ベクトル $L1332$ の時間変化を制御する点であり、その制御の容易さが大きな利点である。 $L$ をゼロの近傍で急激に変化させることによって、大きなトルク $[dL/dt]_{0_n}$ を発生させながらも、プリセッション・トルク $(\Omega \times L)$ を小さく抑え込むことが可能である。これによって、上記のユーザの動きを阻害することなしにナビゲーションを可能とできる。

これとは反対に、もしユーザの動きに伴ってトルク提示機が揺れて困る場合は、適度な大きさの合成角運動量ベクトル $L1332$ の近傍で $L$ を時間変化させることによってトルク提示機の揺れを抑えながらもトルクを提示することが可能となる。

一方、ジャイロ型 $1311$ を用いた場合、

$$\begin{aligned}\tau &= [dL/dt]_{0_n} + \Omega \times L \\ &= \omega \times L + \Omega \times L\end{aligned}$$

となり、大きなトルクを提示するためには、大きな角運動量ベクトル $L$ が必要であり、その結果、大きなプリセッション・トルクを必ず発生させてしまう。

#### 【0100】

特に、所謂ヒトナビでの使用するためには、携帯電話やPDAに内蔵されるか、外付けできる程度の小型化が必要である。ここでは、携帯電話に内蔵した場合のトルク提示方法・動作原理について検討する。

#### 【0101】

実際にトルクを発生させる次元数によって図26のように4つに分類できる。

#### 【0102】

従来の携帯電話では、バイブレーションは着信を知らせるために使われてきた。最近の携帯電話によるナビでは、曲がり角に近づくともまずバイブレーションによって注意を喚起して、その後音声によって曲がるべき方向を示すようになっている。すなわちバイブレーションによる注意喚起であり、方向情報を提示していないので、これを0次元として位置付けた（バイブレーション1341）。

#### 【0103】

また、ナビなどの平面空間での方向提示ならば、（図26-3）に示すように2次元でも十分であり、携帯電話などに内蔵して力覚的ナビゲーションシステムを構築することができる。（図26-4）は、重心のバランスなどを考慮して新たに考案した対向式のツイーンモータ方式を採用したモデルである。

#### 【0104】

次に、3次元トルク提示の利点を説明する。

#### 【0105】

既述の通り、 $\Omega \times L$ 成分はユーザの動きを阻害するため $L$ がゼロ近傍となる制御点で動作させることを提案した。しかし、 $L_z$ 成分は、ユーザの振り向きなどの水平面での回転にはプリセッションのトルクが働かないが、腕の上下動には飛行機におけるパーティカルジャイロのように回転軸の保存性によりトルク提示機の姿勢が安定する（図27参照）。

#### 【0106】

つまり、腕が下がり肘を支点として回転ベクトル $\Omega$ が生じ、掌上のトルク提示機に $X$ 方向にトルク $\tau_x$ が発生して $L_z$ ベクトルを回転しようとして、回転ベクトル $\Omega$ を打ち消す方向にトルクが発生する。この肘を支点としたトルク提示機の上下動を抑制するトルクがトルク提示機の位置を安定させると考えられる。

#### 【0107】

これが $L_x$ ならば地球ゴマが水平を維持したまま倒れずに回転するように、腕が水平面を回転しながら重力を打ち消すトルクが発生してトルク提示機を浮かせる形になり、持ち続ける疲労を軽減してくれると考えられる。

#### 【0108】

（動作原理3）

以下では、図13に示した触力覚提示機1301をさらに改良した触力覚提示機を説明する。

#### 【0109】

図28は、図13の触力覚提示機1301と同様に、対向する2つの偏心回転子を1組として、その3組を直交座標系に配置した触力覚提示機2801の2次元断面図を示す図である。触力覚提示機2801は、球形の筐体2807内に偏心回転子（イナーシャ；慣性体）2804及びモータ2803等が配置されており、図28は、その球形の筐体2807の中心を通る断面図である。偏心回転子2804とモータ2803とは一体化されており、モータの回転軸2802は筐体2807の接ぎ手部2810に固定されている。即ち回転軸2820は固定されており、普通のモータの回転と同じように、回転軸2802と一体化になっているモータの回転子の磁石とモータ2803の本体の電磁石が反発してモータ2803が回る。これにより、触力覚提示機2801は偏心回転子とモータとが一体化した回転体が回転する。尚、当業者には理解されるであろうが、モータ2803の本体への電源供給のための端子は、モータ2803の本体が回転しても接点が極性を維持されるように加工されている（不図示）。このため、触力覚提示機2801は、図13の触力覚提示機1301ではモータが筐体に固定され偏心回転子のみが回転することに比して、回転部分の質量を大きく（即ち慣性モーメントを大きく）することが可能となり、回転体の回転による力学的な動作（振動、トルク、力の提示）の効率が向上する。さらに、筐体2807を軽くするほどその効率が向上する。

#### 【0110】

尚、図28に示した触力覚提示機2801は、偏心回転子を適用した場合に限られず、偏心していない回転子ももちろん適用可能である。さらに、触力覚提示機2801は球形の筐体を例示したが、触力覚提示機2801の原理は球形以外の筐体にももちろん適用可能である。

#### 【0111】

図29は、図28の触力覚提示機2801をさらに改良した触力覚提示機2901の2次元断面図を示す図である。触力覚提示機2901は、球形の筐体2807内にタービンフィン2908が配置され流体（気体流又は液体流）2909を含んでおり、図28は、その球形の筐体2807の中心を通る断面図である。偏心回転子2804とモータ2803とが一体化された回転体にタービンフィン2908が設けられている。これにより、触力覚提示機2901は偏心回転子とモータとが一体化した回転体が回転するとタービンフィンが流体2909をかき回す。このため、触力覚提示機2901は、図28の触力覚提示機2801の回転体が回転することに比して、流体の循環によってタービンフィンの回転に負荷抵抗がかかり、結果として回転体の実効的な慣性モーメントが増加するため、回転体の回転による力学的な動作（振動、トルク、力の提示）の効率が向上する。さらに、筐体2807を軽くするほどその効率が向上する。また、流体を循環させる道筋に流体流路断面を搾る狭窄穴2910を設けることでタービンフィンの回転に負荷抵抗を掛けることができる。

#### 【0112】

図30は、図29の触力覚提示機2901をさらに改良した触力覚提示機3001の2次元断面図を示す図である。触力覚提示機3001は、球形の筐体3007内に空気3009を含みタービンフィンに相対して筐体3007に穴3010が設けられており、図30は、その球形の筐体3007の中心を通る断面図である。筐体3007に穴3010が設けられていることにより、触力覚提示機3001はモータの制御によっては、例えば図30の左から右へ触力覚提示機3001を通して流れる気流3002a、3002bが発生する。この場合、触力覚提示機3001は、図29の触力覚提示機2901が図中左向きに力感覚を提示し続けることに比して、気流3002bの噴射の力も加味され、図中左向きに力感覚を提示し続けることの効率が向上する。尚、これらの穴は、（必須ではないが）弁3010と制御回路によって開閉が制御されることで、流量と流速を制御することができることが、当業者には自明であろう。

#### 【0113】

タービンフィン、回転方向と送風方向の関係を制御できる可変型のフィンであり、回転に伴うトルク方向は同一方向でも、フィンの角度を変えることで気流の流れる方向を制御することができる。また、用途によっては固定されていても良い。

#### 【0114】

尚、一つの回転軸2802に2つずつのモータの回転子、モータ本体、偏心回転体、気流の発生する方向が反対の2つのタービンフィンが装着されていて、回転させるタービンフィンを選択することで気流の流れ方向を制御できるようにしてもよい（不図示）。

#### 【0115】

##### （応用例2）

図31は、図15の手袋状偏心回転子アレイ890の他の応用例を示す、シート状偏心回転子アレイ3111を手袋状に加工した手袋状偏心回転子アレイ3110を示す図である。図31においては、回転子は格子状に整列されており、そのうちの偏心回転子3170a～3173a、3170b～3177bだけが回転している。これにより、手袋状偏心回転子アレイ3110の各偏心回転子3170a～3173a、3170b～3177bの回転を適切に制御することで、掌上に空間的広がりとしての仮想的なねじれの触力覚情報を提示することができる。より詳細には、偏心回転子3170a～3173aによって同一方向に大きなトルクを提示することで、掌中心部を反時計回りにひねる大きな合成トルク315aを提示し、偏心回転子3170b～3177bによって同一方向に小さなトルクを提示することで、掌外延部を時計回りにひねる合成トルク315bを提示する。

これにより、掌中心部を反時計回りに強くひねり掌外延部を時計回りに弱くひねる仮想的なねじれの触力覚が体感される。

#### 【0116】

図32は、図28の触力覚提示機2801をさらに改良した触力覚提示機3201の2次元断面図を示す図である。触力覚提示機3201は、球形の筐体2807中心部に制御回路3205と角加速度センサ(及び重力・加速度センサ)3206が配置されており、図32は、その球形の筐体2807の中心を通る断面図である。制御回路3205は図41における制御装置4120に相当し、角加速度センサ(及び重力・加速度センサ)3206は図41における入力装置4130に相当する。図32の触力覚提示機3201は野球ボールの態様をしたボールを想定しているが、その他どのような形のボールであってもよい。角加速度センサ3206は、ボール(触力覚提示機3201)が図中符号3210の向きへ投球された時のリリースで発生するバックスピン3215をモニタし、また、等速回転運動の場合には重力・加速度センサで重力方向がわかり、重力方向がセンサのxyz軸成分で周期的に変化するので、ボールの回転をモニタすることができる。尚このような方法でなくても、ボールの回転が検出できればその他の方法を適用してもよい。制御回路3205は、角加速度センサ(及び重力・加速度センサ)3206からの入力情報を解析して、ボール(触力覚提示機3201)のバックスピン3215を打ち消すように触力覚提示機3201内のモータを制御する。このため、ボール(触力覚提示機3201)は無回転となり、その後方に発生する流れや渦の影響で不規則に揺らいで変化する変化球となる(所謂ナックルボール)。同様に、回転をその他自在に制御することにより、カーブやシュート、さらにはカーブした後にシュートして落ちるような現実の野球ではあり得ない変化球も含め様々変化球を実現することができる。尚、図32の実施形態は、図29の触力覚提示機2901にも適用可能である。

#### 【0117】

再度、図30の触力覚提示機3001を参照する。従来のVRにおける力覚提示機は、それ自体の重量がユーザに感じさせる本来のVRの効果を低減させていた。そこで、図30の触力覚提示機3001において、モータの制御によって、図30の上から下へ触力覚提示機3001を通して流れる気流を発生させることで、下方への気流の噴射の力によって触力覚提示機3001自体の重量をユーザに感じさせることを低減し、VRをユーザに感じさせる本来の効果を向上できる。同様に、図30の下から上へ触力覚提示機3001を通して流れる気流を発生させることで、上方への気流の噴射の力によって触力覚提示機3001自体の重量を実際よりも重くユーザに感じさせることもできる。

#### 【0118】

図33は、本実施形態で上述してきた触力覚提示機を内蔵したペン状デバイス3301の説明図である。ペン状デバイス3301は、表面にタッチパネル3350が設けられており、タッチパネル3350は図中符号3310、3320、3330、3340の各ボタン列を表示し、各ボタン列は4個のボタンを有する。本実施形態のペン状デバイス3301は、例えば、ペン状携帯電話等への応用を想定している。尚、タッチパネル3350の機能は、タッチパネルに替えて物理的なボタンでもよい。また、各ボタン列は4個のボタンに限らず、所望の数であってもよい。また、ボタン列も所望の数だけ設けてよい(これらの例として、図42に図33の補足説明の図を示す)。ここで、図33(a)から図33(b)へ180°回転させて使用しているが、(360°/列の数)の回転角度ずつ列の数だけ仮想的な操作パネルが存在することになる。

#### 【0119】

図33(a)に示すように、ユーザがペン状デバイス3301を把持し符号3302の向きからペン状デバイス3301を見ている場合、ボタン列3310、3320、3330は、各々「1、4、7、\*」、「3、6、9、#」、「2、5、8、0」の数字入力機能のボタンを有する。

#### 【0120】

一方、図33(b)に示すように、ユーザがペン状デバイス3301を図33(a)の

状態から180°回転して把持し、符号3302の向きからペン状デバイス3301を見ている場合、ボタン列3310のボタン「1、4、7、\*」は各々「あ、た、ま、。」のかな入力機能となり、ボタン列3320のボタン「3、6、9、#」は各々「さ、は、ら、(enter)」のかな入力機能となり、ボタン列3340のボタン

【0121】

「◇、♡、♠、♣」

【0122】

は各々「か、な、は、わ」のかな入力機能となる。即ち、この例の場合は、4行4列で実現しており、デバイスの表側として第1列第2列第3列を利用して、デバイスの裏側として第3列第4列第1列を使用可能としている。

【0123】

図34は、ペン状デバイス3301の概略構成を示す図である。ペン状デバイス3301は、触力覚提示機3410、制御回路3420、周知の加速度センサをもとにした姿勢センサ3430、ペン状デバイス制御回路3440、タッチパネル3350から構成される。制御回路3420は図41における制御装置4120に相当し、姿勢センサ3430は図41における入力装置4130に相当する。ペン状デバイス制御回路3440は、姿勢センサ3430からの入力に基づいて図33(a)と図33(b)のいずれの状態でもユーザがペン状デバイス3301を見ているか判定し、図33(a)又は図33(b)のように符号3310、3320、3330、3340の各ボタン列の入力機能を決定し、対応ボタンをタッチパネル上に表示する。また、ペン状デバイス制御回路3440は、タッチパネル3350からの入力を処理し、例えばボタン「0」がユーザによって押下された場合には数字の0の入力を処理する。ペン状デバイス制御回路3440のような、姿勢センサ3430からの入力を処理しタッチパネル3550からの入力を処理する回路とその制御は、当業者には周知なため詳細な説明は要しないであろう。

【0124】

ここで、例えばボタン「0」がユーザによって押下された場合、姿勢センサ3430は、図34中の向き3302への姿勢変化を検知したり、タッチパネルの圧力センサが押下した指の動きを検知し、制御回路3420は、姿勢センサ3430からの入力情報を解析して、タッチパネル上の仮想ボタンなのに実際のボタンを押したような感覚が提示されるように3460と3302の向きの動きを提示するように触力覚提示機3410内のモータを制御し力覚フィードバックを与える。このため、触力覚提示機3410は向き3460と3302へ力の提示を行い、ボタン「0」の押下をユーザに体感させる。

【0125】

また、例えばボタン「0」がユーザによって上から下に擦られた場合、姿勢センサ3430が図34中の向き3470への姿勢変化を検知したり、タッチパネルのセンサが擦った指の動きを検知し、制御回路3420は、姿勢センサ3430およびタッチパネルのセンサからの入力情報を解析して、タッチパネル上の仮想ホイールなのに実際のスクロール用ホイールやジョイスティックを操作したような感覚が提示されるように3470と3480の向きの動きを触力覚提示機3410内のモータを制御し力覚フィードバックを与える。このため、触力覚提示機3410は向き3470と3480へ力の提示を行い、仮想スクロール用ホイールの操作感覚をユーザに体感させる。

【0126】

図35は、本実施形態で上述してきた触力覚提示機を内蔵したポインタ3501の説明図で、ポインタ3501の概略構成を示す図である。ポインタ3501は、触力覚提示機3510、制御回路3520、姿勢センサ(又は位置センサ若しくは加速度センサ)3530、ポインタ制御回路3540、スイッチ3550、レーザ光源3590から構成される。制御回路3520は図41における制御装置4120に相当し、姿勢センサ3530とスイッチ3550は図41における入力装置4130に相当する。ポインタ制御回路3540は、スイッチ3550 ON時にレーザ光源3590からレーザ光3580を出すよ

うに制御する。ポインタ制御回路 3540 のような、レーザ光源 3590 からレーザ光 3580 を出すように制御する回路とその制御は、当業者には周知なため詳細な説明は要しないであろう。

#### 【0127】

ここで、ユーザによってスイッチ 3550 が押下されポインタ 3501 が向き 3570 へ振られた場合、姿勢センサ 3530 は向き 3570 への姿勢変化を検知し、制御回路 3520 は、姿勢センサ 3530 からの入力情報を解析して、触力覚提示機 3510 の向き 3570 への動きを抑制するように触力覚提示機 3510 内のモータを制御する。このため、触力覚提示機 3510 は向き 3590 へ力の提示を行い、振った向き 3570 に対する抗力をユーザに体感させる。これにより、例えば、レーザ光追尾機能を有する物体 3560 に対して、レーザ光 3580 の照射によって物体 3560 をポイントしながら図 35 中左から右へ移動させるような場合、物体 3560 を動かした向き 3570 に対する抗力（向き 3590 の力）をユーザに体感させることでユーザが物体 3560 をつかんで移動させたかのような感覚を与える。ここではレーザ光源 3590 およびレーザ光追尾機能を用いて物体 3560 の選択および把持意思をポインタ制御回路 3540 に伝えているが、選択および把持意思が入力できるのならばこの限りではない。

#### 【0128】

図 36 は、本実施形態で上述してきた触力覚提示機を内蔵した指揮棒型コントローラ 3601 の説明図で、指揮棒型コントローラ 3601 の概略構成を示す図である。指揮棒型コントローラ 3601 は、家庭用ビデオゲーム機の周知の（指揮をする）音楽ゲーム等で使用するコントローラである。指揮棒型コントローラ 3601 は、触力覚提示機 3610、制御回路 3620、姿勢センサ 3630、コントローラ制御回路 3640 から構成される。制御回路 3620 は図 41 における制御装置 4120 に相当し、姿勢センサ 3630 とコントローラ制御回路 3640 は図 41 における入力装置 4130 に相当する。コントローラ制御回路 3640 はゲーム機 3606 と信号 3609 を送受信することにより、姿勢センサ 3630 からの入力情報を処理してゲーム機 3606 へ送信し、ゲーム機 3606 からの指示を受信する。コントローラ制御回路 3640 のような、ゲーム機 3606 と通信するように制御する回路とその制御は、当業者には周知なため詳細な説明は要しないであろう。尚、図 36 においては信号 3609 は有線システムの信号を例示しているが、これに限らず、信号 3609 は無線システムにおける信号であってもよい。

#### 【0129】

ここで、ユーザがモニタ 3605 の音楽ゲームを行うとき指揮棒型コントローラ 3601 を向き 3607 へ振った場合、姿勢センサ（又は圧力センサ） 3630 は握り方や向き 3607 への姿勢変化を検知し、コントローラ制御回路 3640 は、姿勢センサ 3630 からの入力情報を処理してゲーム機 3606 へ送信する。ゲーム機 3606 は、姿勢センサ 3630 からの姿勢変化の情報に基づいて音楽ゲームを処理し、指揮者の指揮棒の振り方によって、テンポ、強弱、プレスなどの音楽ゲーム中のオーケストラの演奏が変化する。そのときの音楽が人によって演奏可能な演奏速度や演奏方法のダイナミックレンジを越えると判定した場合、抑制信号をコントローラ制御回路 3640 へ送信する。コントローラ制御回路 3640 は、抑制信号を受信すると制御回路 3620 へその旨の情報を送り、制御回路 3620 は、コントローラ制御回路 3640 からの入力情報を解析して、触力覚提示機 3610 の向き 3607 への動きを抑制するように触力覚提示機 3610 内のモータを制御する。このため、触力覚提示機 3610 は向き 3660 へ力の提示を行い、振った向き 3607 に対する抗力をユーザに体感させる。これにより、音楽ゲームにおいて音楽が人によって演奏可能な演奏速度や演奏方法のダイナミックレンジを越えることはなくなり、より音楽ゲームがリアルなものとなる。

#### 【0130】

（変形形態）

以下では、動作原理 1～3 の変形形態を説明する。

#### 【0131】

図37は、本実施形態で上述した(図11-4)の触力覚情報提示方法の変形形態の概略構成を示す図である。(図11-4)では、2つの偏心回転子を反対方向に同期回転させ、任意の方向に直線的に単振動する力を合成した。図37は、偏心回転子に替えてピエゾ素子3701を使用し、ピエゾ素子3701を図中x方向に複数積層したピエゾアレイ3710と、ピエゾ素子3701を図中y方向に複数積層したピエゾアレイ3720を構成し、それらピエゾアレイ3710、3720を交互にx、y方向に並べた振動子であるピエゾマトリクス3730を示す図である。

#### 【0132】

図37のピエゾマトリクス3730を使用する触力覚情報提示方法は、図41において、回転子4180に替えてピエゾマトリクス3730を使用した方法である。このような構成で、図41の制御装置4120は、図37におけるx方向の電圧を制御してx方向の単振動3750を制御し、図37におけるy方向の電圧を制御してy方向の単振動3740を制御する。ピエゾ素子3701単体では十分な振幅が出ないところを、図37の構成では、ピエゾアレイ3710、3720を構成し大きな振幅を可能としている。図37の方法によれば、図41の触力覚提示機4110は、回転子4180の駆動に要したステッピングモータやサーボモータが不要となり、制御装置4120もそれらモータの制御回路が不要となり、触力覚提示機と制御装置とを合わせた構成が簡単になる。

#### 【0133】

さらに図37のピエゾマトリクス3730を拡張し、ピエゾアレイ3710、3720を交互にx、y、z方向に並べたピエゾの立方体等を構成すれば、x、y、z方向の単振動が制御可能な振動子を構成できることは、当業者には理解されるであろう。図37の方法は、例えば、ゲーム機のコントローラで所望の方向の力を発生させる仕組みに適用可能である。ここでピエゾ素子3701の配列パターンは、x、y、z方向の単振動を発生することができるならば特に問わない。

#### 【0134】

図38も、本実施形態で上述した(図11-4)の触力覚情報提示方法の別の変形形態の概略構成を示す図である。図38(a)は、偏心回転子に替えてスピーカの構造を使用した立方体の振動子3801を示し、振動子3801は、スピーカの磁石3810b、3810c、3810m等を各面中央に有する。尚、磁石3810b、3810c、3810m等は各面中央に限らず、面の任意の位置でもよい。

図38(b)は、図38(a)において振動子3801をその重心を通る水平な断面3820で切って見た場合の断面図を示す図で、振動子3801は、磁石3810a、3810b、3810c、3810dの各々と組み合わされたスピーカのコーン3840a、3850a、3840b、3850b、3840c、3850c、3840d、3850dを各面に有する。

#### 【0135】

図38の振動子3801を使用する触力覚情報提示方法は、図41において、回転子4180に替えて振動子3801を使用した方法である。このような構成で、図41の制御装置4120は、例えば図38(b)におけるx方向の磁石の電圧を制御してx方向の単振動3870を制御し、図38(b)におけるy方向の磁石の電圧を制御してy方向の単振動3860を制御する。図38の構成では、スピーカの磁石とコーンの振動による大きな振幅を可能としている。図38の方法によれば、図41の触力覚提示機4110は、回転子4180の駆動に要したステッピングモータやサーボモータが不要となり、制御装置4120もそれらモータの制御回路が不要となり、触力覚提示機と制御装置とを合わせた構成が簡単になる。ここで磁石3810a、3810b、3810c、3810dの各々と組み合わされたスピーカのコーン3840a、3850a、3840b、3850b、3840c、3850c、3840d、3850dのような構成でなくとも、x、y、z方向の単振動を発生することが実現できれば特に磁石とコーンの組み合わせを問わず、磁石のみで構成としてもよい。

#### 【0136】

図39は、本実施形態で上述した図13の触力覚提示機1301の変形形態の概略構成を示す図である。図13の触力覚提示機1301では、その前提の図11-1～図12-2における説明にあるように、対向する2つの偏心回転子の回転軸は同一軸上も含め回転軸が平行してさえすればよい。このため、図13の触力覚提示機1301では、対向する2つの偏心回転子が回転軸方向に離れており異なる面で各々回転するため、2つの偏心回転子のそれら回転面方向に発生する相互の力による余分なモーメントが触力覚提示機1301に発生し、回転軸のカタカタ音等の要因となることが懸念される。図39は、対向する2つの偏心回転子が異なる面で回転することに起因した余分なモーメントの発生を抑制した構造を示す図である。

#### 【0137】

図39に示す対向する2つの偏心回転子3901aと3901bの配置は、それらの回転軸が同一軸上にあり、偏心回転子3901aを偏心回転子3901bの一部が覆う構成となっている。このような構成により、2つの偏心回転子3901aと3901bの多くの質点が、同一回転軸の周りに同一面上で回転するため、対向する2つの偏心回転子が異なる面で回転することに起因した余分なモーメントの発生が抑制され、回転軸のカタカタ音等も緩和される。これにともなって3組の偏心回転子対3901aと3901b等を図13のように重心位置で直交させることは不可能であり、それぞれの偏心回転子対3901aと3901b等が直交関係にあればよい。また、3次元的に任意の方向に回転を合成できれば直交していなくても良い。尚、本実施形態は3次元に限らず、用途によっては、1次元でも、2次元でも応用が可能である。

#### 【0138】

##### (応用例3)

図40は、本実施形態で上述してきた触力覚提示機を内蔵した机上デバイス4001の説明図で、机上デバイス4001の概略構成を示す図である。机上デバイス4001は、触力覚提示機4010、制御回路4020、姿勢センサ4030（加速度又は角加速度若しくは位置センサでもよい）から構成される。制御回路4020は図41における制御装置4120に相当し、姿勢センサ4030は図41における入力装置4130に相当する。

#### 【0139】

ここで、例えば机上デバイス4001がユーザによって机上で向き4040へ移動された場合、姿勢センサ4030は、図40中の向き4040への位置変化を検知し、制御回路4020は、姿勢センサ4030からの入力情報を解析して、触力覚提示機4010の向き4040への動きを抑制したり水平方向に揺らしたりするように触力覚提示機4010内のモータを制御する。このため、触力覚提示機4010は向き4050へ力の提示を行い、向き4040への移動に対する机上の摩擦力をユーザに体感させる。

#### 【0140】

また、例えば机上デバイス4001がユーザによって机上で向き4040へ移動された場合、姿勢センサ4030は、図40中の向き4040への位置変化を検知し、制御回路4020は、姿勢センサ4030からの入力情報を解析して、触力覚提示機4010の向き4040に対して法線方向の力を発生するように触力覚提示機4010内のモータを制御する。このため、触力覚提示機4010は方向4060の単振動などの力の提示を行い、向き4040への移動に対する机上のこぼこ感をユーザに体感させる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0141】

本発明を実施することにより、VR (Virtual Reality) の分野において用いられる機器、ゲームの分野において用いられる機器、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDA（携帯情報端末）などに搭載され得る、有用なマンマシンインタフェースを実現することができる。

#### 【0142】

より具体的に述べると、例えばVRの分野においては、本発明を適用したマンマシンイ



インタフェースを介して人に力を提示したり、抗力あるいは反力などを与えて人の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在や衝突による衝撃を提示することができる。また、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器などに上記インタフェースを搭載することにより、操作者の皮膚を介して、従来には見られなかった各種多様な指示・案内等を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0143】

【図1】本発明の一実施形態における触力覚情報提示システムの概略構成を示す図である。

【図2】触力覚に関する感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図3】触力覚に関する感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図4】触力覚に関するヒステリシスの感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図5】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図6】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図7】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を模式化した図である。

【図8】触力覚に関する感覚特性の変化に合わせて触力覚情報提示を制御する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図9】触力覚に関する感覚特性である不等方性感度曲線変化に合わせて触力覚情報提示を制御する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図10】触力覚に関する感覚特性を用い、偏心回転子711の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図11】2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、振動感覚、トルク感覚、力感覚の触力覚情報提示方法を示す図である。

【図12】2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、振動感覚、力感覚の触力覚情報提示方法を示す図である。

【図13】2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を1組として、その3組を直交座標系に配置した説明図である。

【図14】本発明を適用したシート状偏心回転アレイの説明図である。

【図15】本発明を適用した手袋状偏心回転アレイの説明図である。

【図16】触力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子A912および偏心回転子B913の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図17】触力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の回転を反対方向に位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図18】図17に示した2つの偏心回転子を用いた力感覚の提示方法を用いて、自分で押す感覚、膨張感、圧迫感、自分で引っ張る感覚、外部から引っ張られる感覚、外部から押される感覚を提示する方法を模式化した図である。

【図19】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図20】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図21】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図22】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図23】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いて、任意の方向に振動触力覚情報提示方法を示す図である。

【図24】ジャイロ型および合成角運動量ベクトル微分型についての説明図である。

【図 25】慣性座標系における合成角運動量の説明図である。

【図 26】本発明を適用した触力覚情報提示システムを携帯電話に内蔵した場合のトルク提示方法・動作原理について示した説明図である。

【図 27】3次元トルク提示の利点を説明するに際して、腕の上下動には飛行機におけるバーティカルジャイロのように回転軸の保存性によりトルク提示機の姿勢が安定することを示す説明図である。

【図 28】対向する2つの偏心回転子を1組として、その3組を直交座標系に配置した触力覚提示機2801の2次元断面図を示す図である。

【図 29】触力覚提示機2801をさらに改良した触力覚提示機2901の2次元断面図を示す図である。

【図 30】触力覚提示機2901をさらに改良した触力覚提示機3001の2次元断面図を示す図である。

【図 31】図15の手袋状偏心回転子アレイ890の他の応用例を示す図である。

【図 32】触力覚提示機2801をさらに改良した触力覚提示機3201の2次元断面図を示す図である。

【図 33】本実施形態の触力覚提示機を内蔵したペン状デバイス3301の説明図である。

【図 34】ペン状デバイス3301の概略構成を示す図である。

【図 35】本実施形態の触力覚提示機を内蔵したレーザポインタ3501の説明図で、レーザポインタ3501の概略構成を示す図である。

【図 36】本実施形態の触力覚提示機を内蔵した指揮棒型コントローラ3601の説明図で、指揮棒型コントローラ3601の概略構成を示す図である。

【図 37】(図11-4)の触力覚情報提示方法の変形形態の概略構成を示す図である。

【図 38】(図11-4)の触力覚情報提示方法の別の変形形態の概略構成を示す図である。

【図 39】図13の触力覚提示機1301の変形形態の概略構成を示す図である。

【図 40】本実施形態の触力覚提示機を内蔵した机上デバイス4001の説明図で、机上デバイス4001の概略構成を示す図である。

【図 41】本実施形態の触力覚情報提示システムのブロック図である。

【図 42】本実施形態の触力覚提示機を内蔵したペン状デバイス3301の補足説明図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0144】

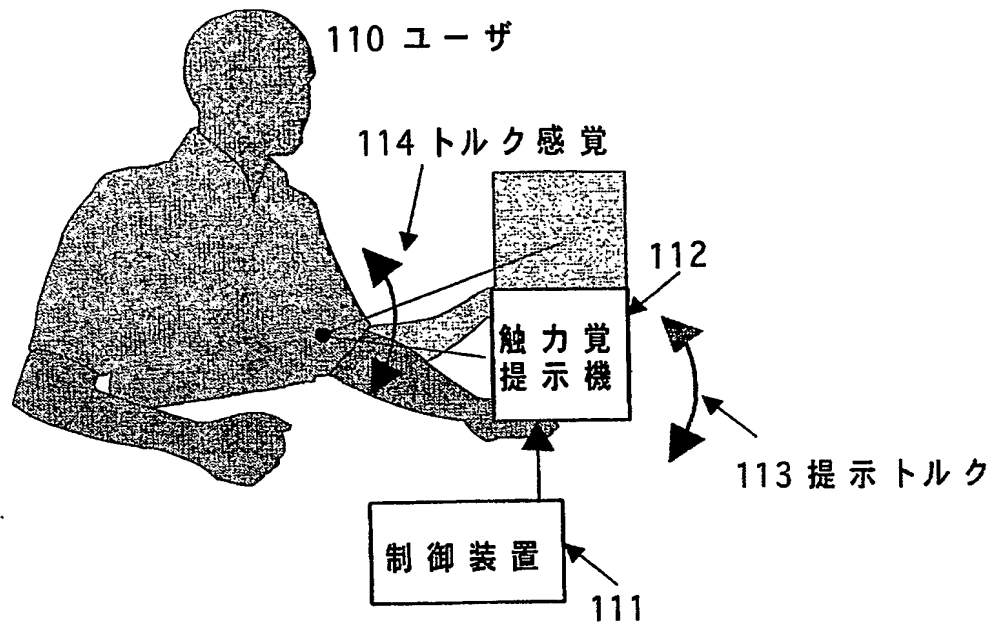
- 112 触力覚提示機
- 111 制御装置
- 110 ユーザ
- 211 感覚特性
- 212 物理量
- 213 感覚量
- 214 動作点A
- 215 動作点B
- 222 回転速度
- 223 トルク
- 224 トルク感覚
- 228 初期状態
- 225 動作点A継続時間
- 226 動作点B継続時間
- 231 感覚特性
- 234 動作点A

2 3 5 動作点 B  
2 4 4 トルク感覚  
2 4 3 トルク  
2 4 8 初期状態  
2 4 6 動作点 B 継続時間  
3 1 2 変位  
3 1 1 ヒステリシスの感覚特性  
3 1 4 動作経路 A  
3 1 5 動作経路 B  
3 3 4 トルク感覚  
3 3 3 トルク  
3 3 2 回転速度  
3 3 8 初期状態  
4 6 4 トルク感覚  
4 2 4 マスキング  
4 2 5 前方マスキング  
4 2 6 後方マスキング  
4 1 3 トルク  
4 3 4 トルク感覚  
4 1 2 回転速度  
4 1 5 初期化時間  
4 4 5 マスキング継続時間  
4 8 5 前方マスキング  
4 8 6 後方マスキング  
4 8 4 トルク感覚  
5 1 3 触力覚提示機  
5 1 4 提示トルク  
5 1 5 筋肉起因トルク  
5 1 6 提示トルク  
5 1 7 トルク感覚  
8 1 2 偏心回転子 A  
8 1 3 偏心回転子 B  
9 1 2 偏心回転子 A  
9 1 3 偏心回転子 B  
9 3 1 感覚特性  
9 3 2 物理量  
9 3 3 感覚量  
9 3 4 動作点 A  
9 3 5 動作点 B  
9 4 4 トルク感覚  
9 4 2 回転速度  
9 4 3 トルク  
9 4 8 初期状態  
9 4 5 動作点 A 継続時間  
9 4 6 動作点 B 継続時間  
1 0 1 2 偏心回転子 A  
1 0 1 3 偏心回転子 B  
1 0 3 1 感覚特性  
1 0 3 2 物理量  
1 0 3 3 感覚量

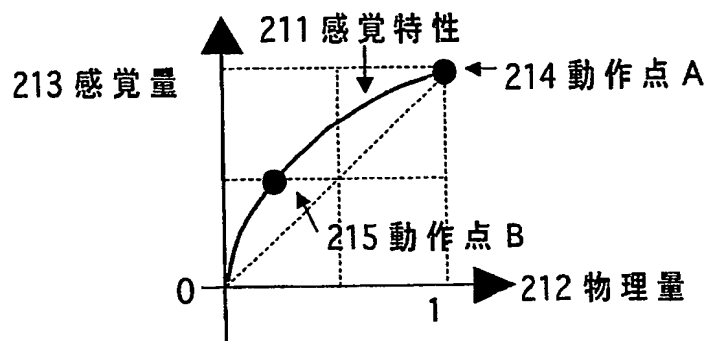
1 0 3 4 動作点 A  
 1 0 3 5 動作点 B  
 1 0 4 4 力感覚  
 1 0 4 3 力  
 1 0 4 2 合成回転速度の大きさ  
 1 0 4 8 初期状態  
 1 0 4 5 動作点 A 継続時間  
 1 0 4 6 動作点 B 継続時間  
 1 1 1 1 ツイン偏心回転子  
 1 1 1 2 ツイン偏心回転子  
 1 1 1 3、1 1 1 4 力  
 1 2 1 6 マスキング振動  
 1 2 2 4 トルク感覚  
 1 2 2 4 力感覚  
 1 2 1 2 合成回転速度の大きさ  
 1 2 1 5 初期化時間  
 1 2 4 4 力感覚  
 1 3 0 1 触力覚提示機

【書類名】図面

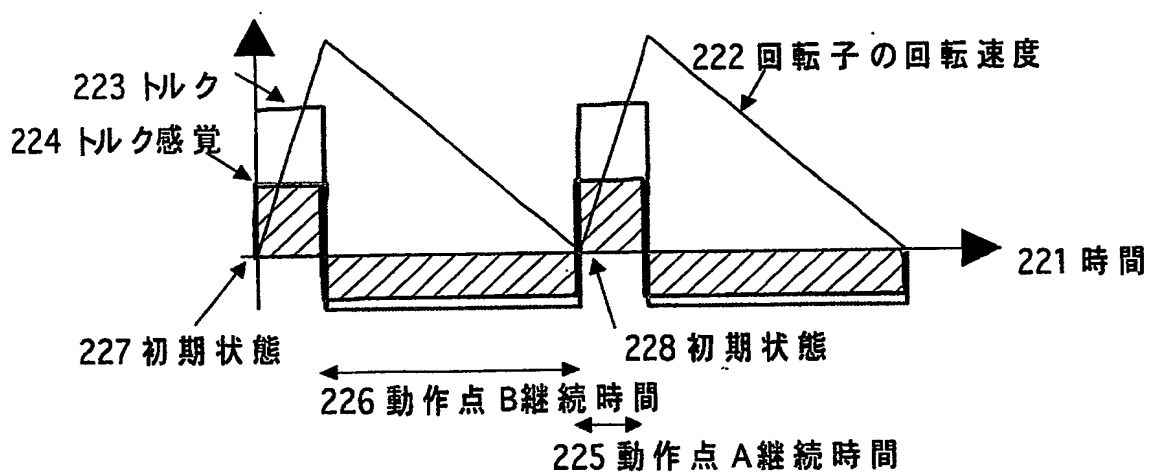
【図 1】



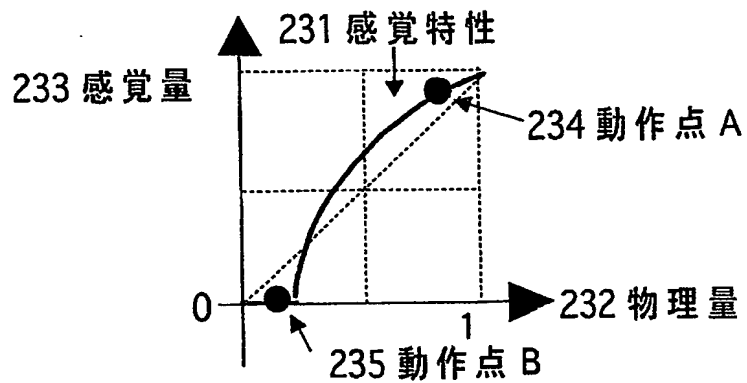
【図 2】  
(図 2-1)



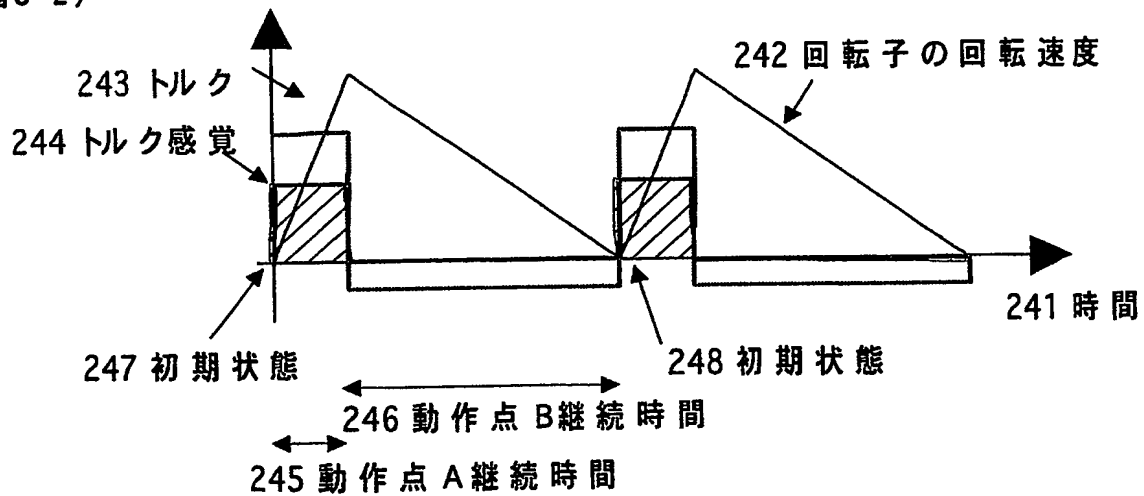
(図 2-2)



【図 3】  
(図 3-1)

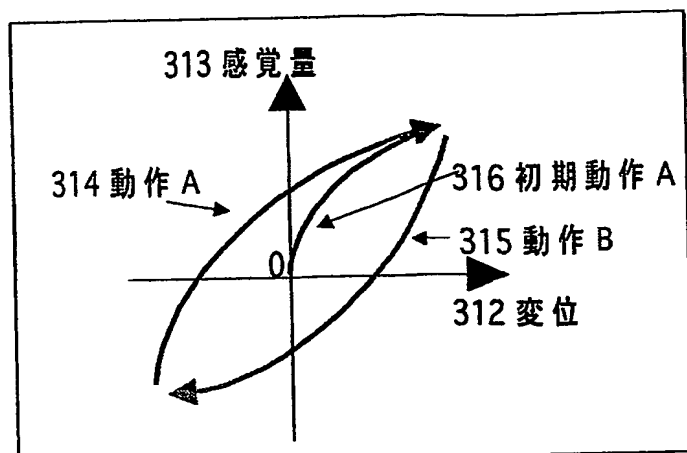


(図 3-2)



【図 4】

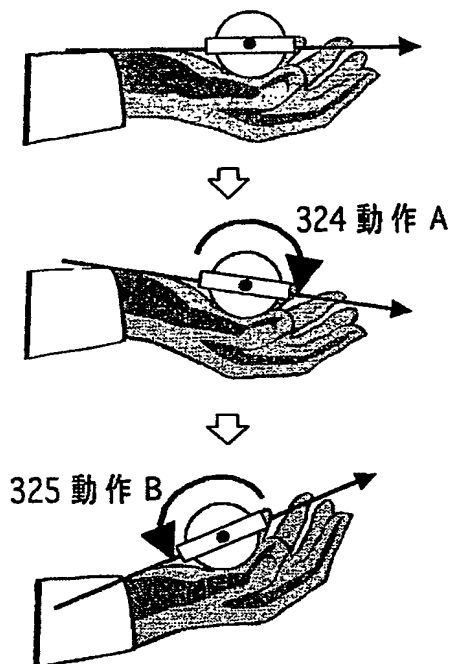
(図 4-1)



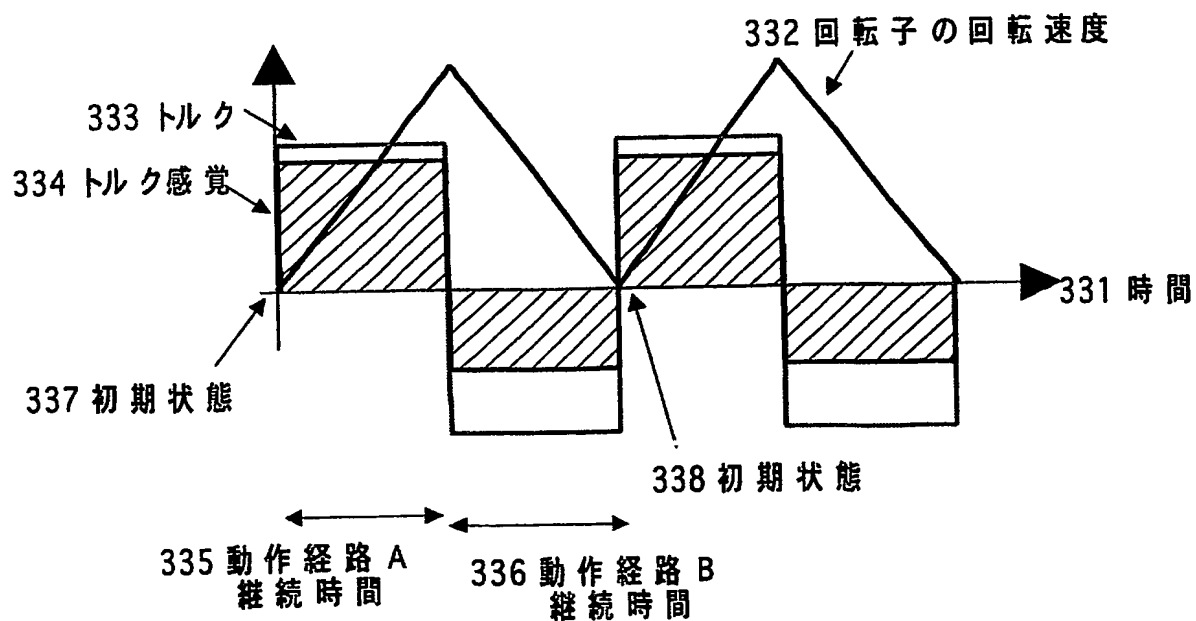
311 ヒステリシスの感覚特性

※ ヒステリシス:  
変位の増加と減少で感覚量が異なる

(図 4-2)



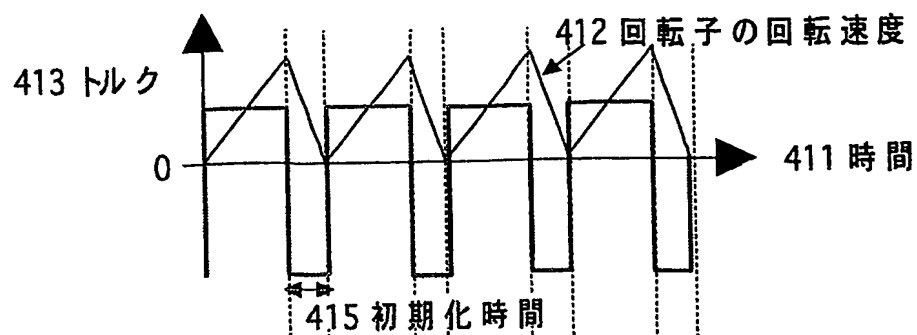
(図 4-3)



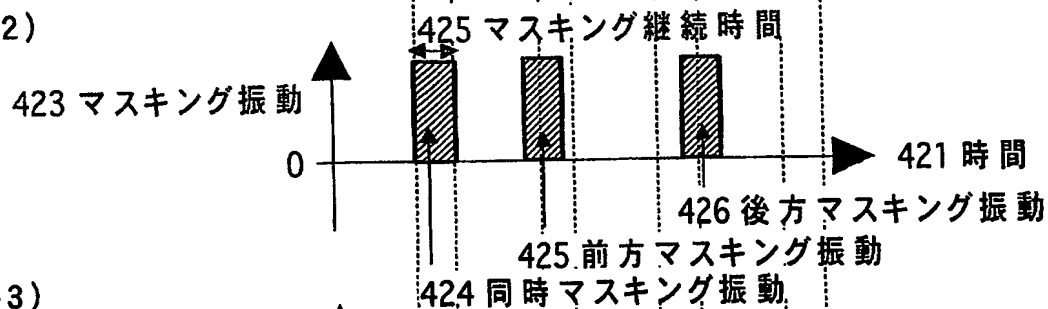


【図 5】

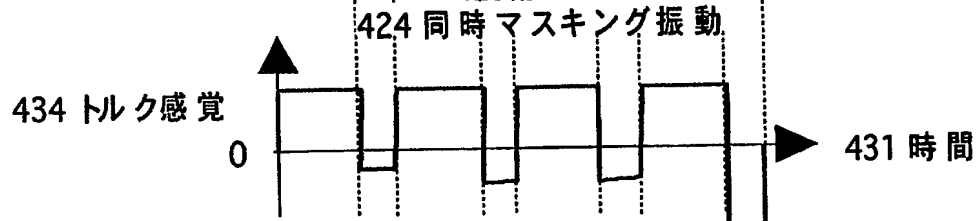
(図 5-1)



(図 5-2)

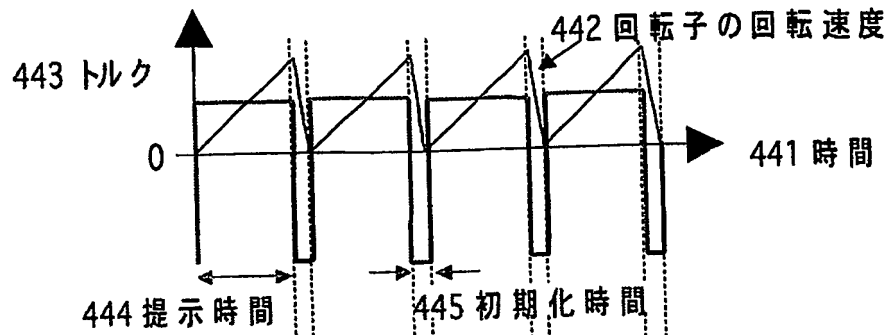


(図 5-3)

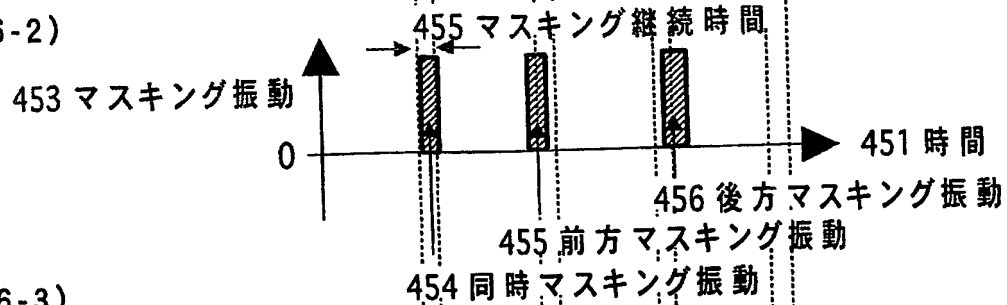


【図 6】

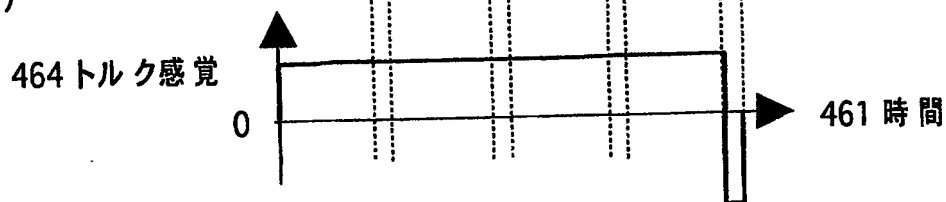
(図 6-1)



(図 6-2)

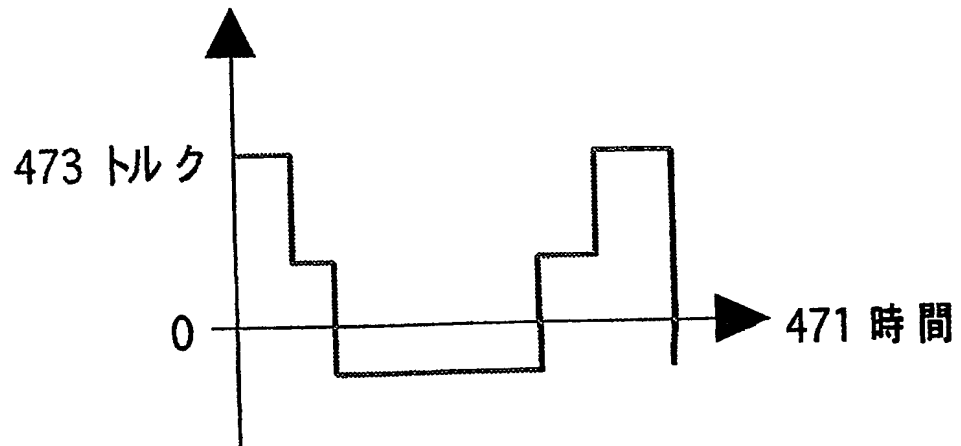


(図 6-3)

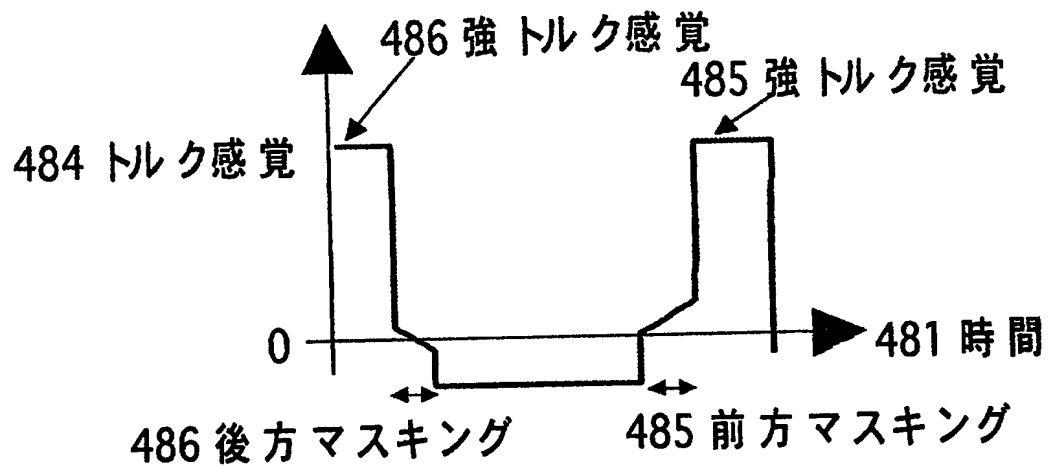


【図 7】

(図 7-1)

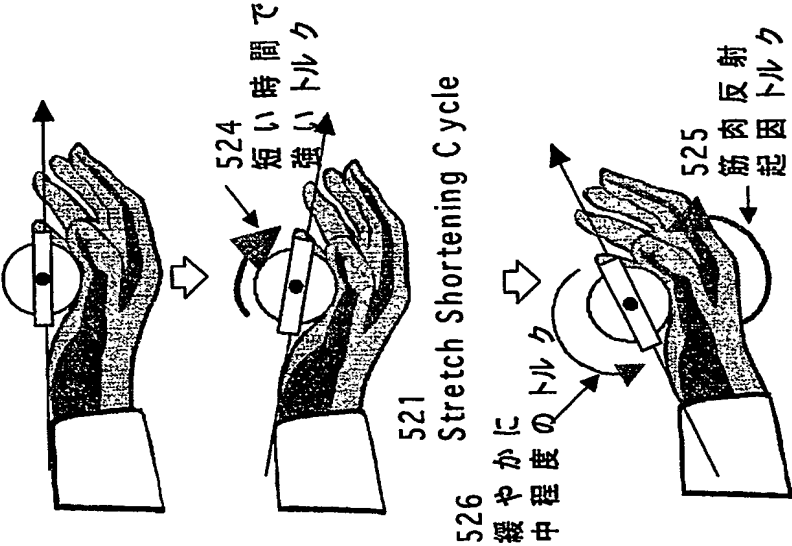


(図 7-2)

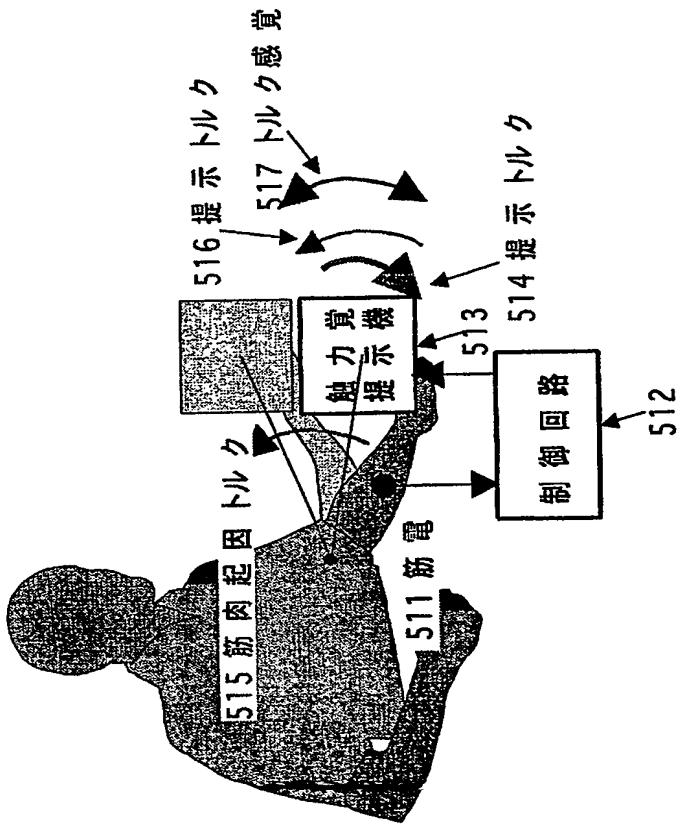


【図8】

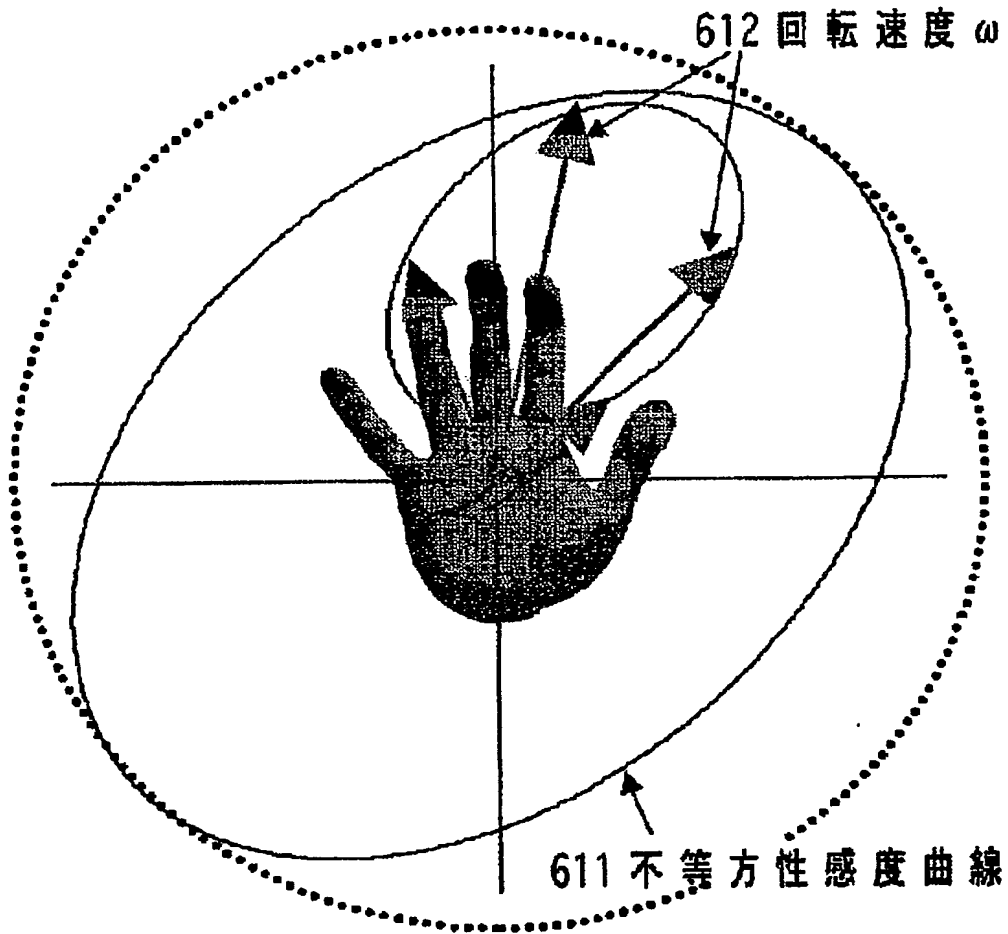
(図8-2)



(図8-1)

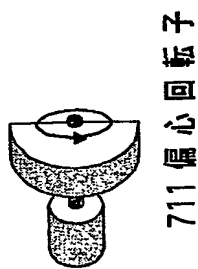


【図 9】

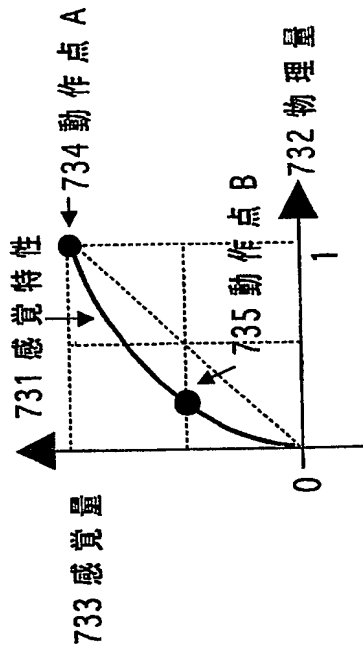


【図 10】

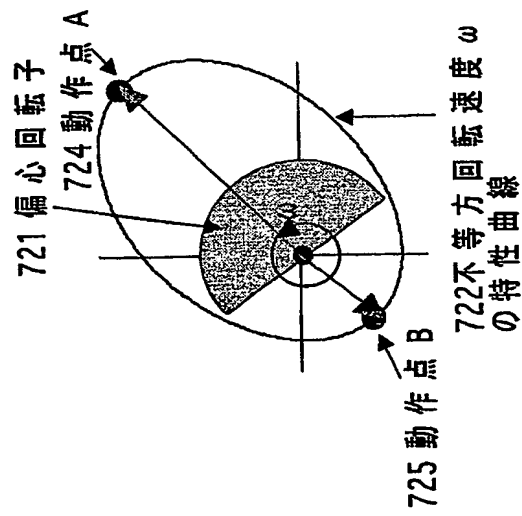
(図 10-1)



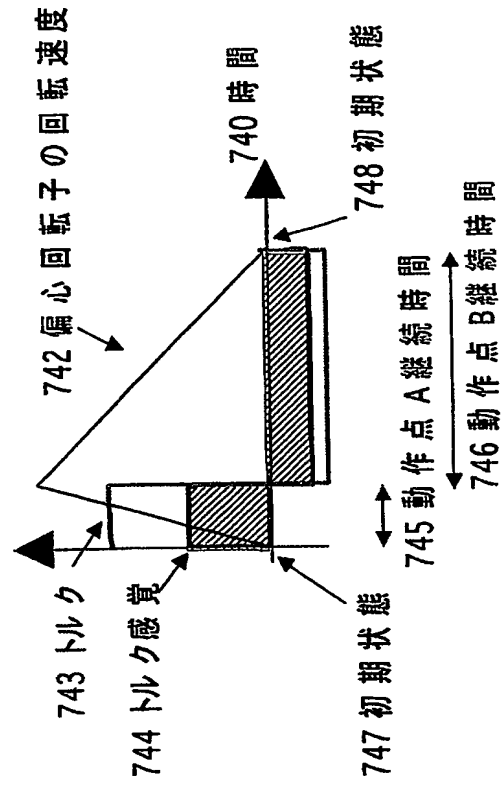
(図 10-3)



(図 10-2)

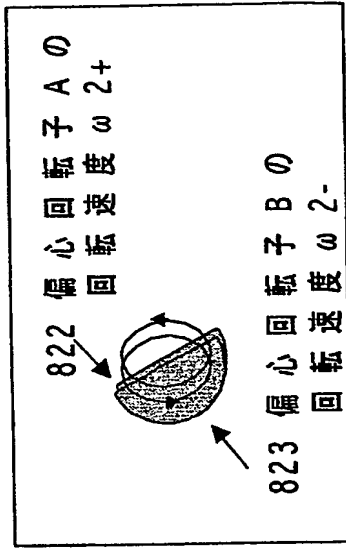


(図 10-4)



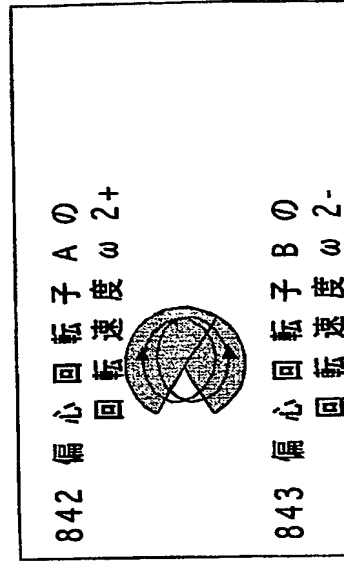
【図11】

(図11-2)



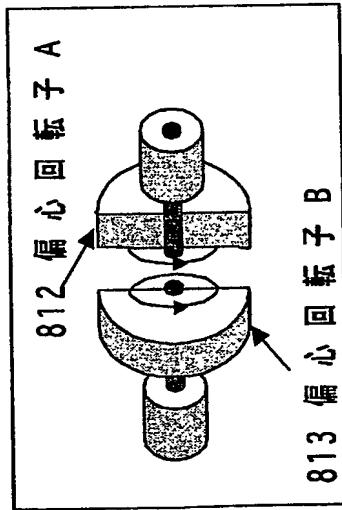
821 振動提示用  
ツイン偏心回転子の位相関係

(図11-4)



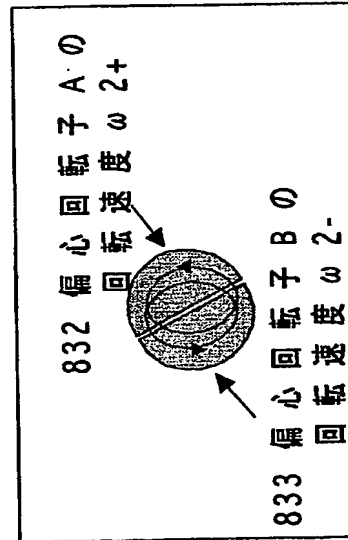
841 力提示用  
ツイン偏心回転子の位相関係

(図11-1)



811 ツイン偏心回転子

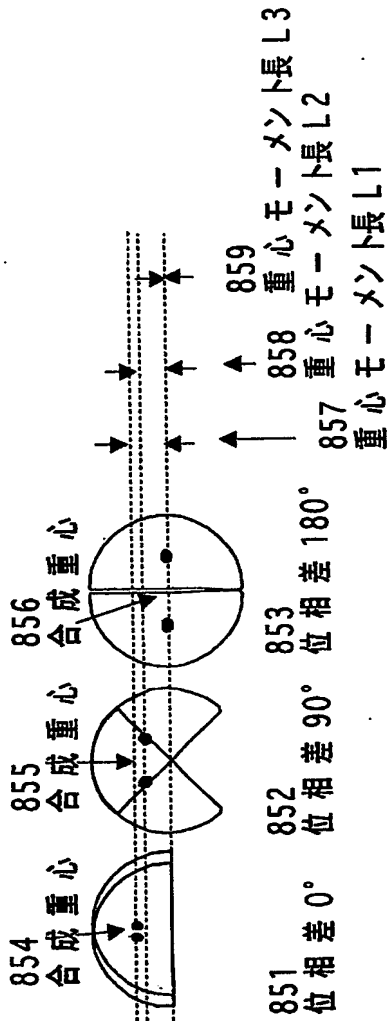
(図11-3)



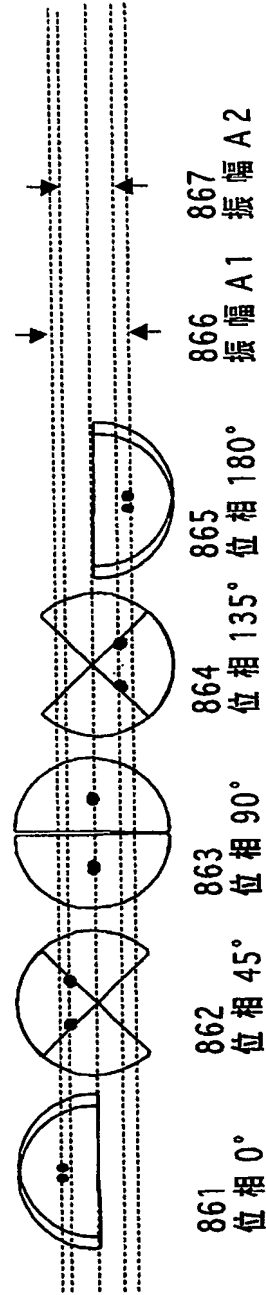
831 トルク提示用  
ツイン偏心回転子の位相関係

【図 12】

(図 12-1)

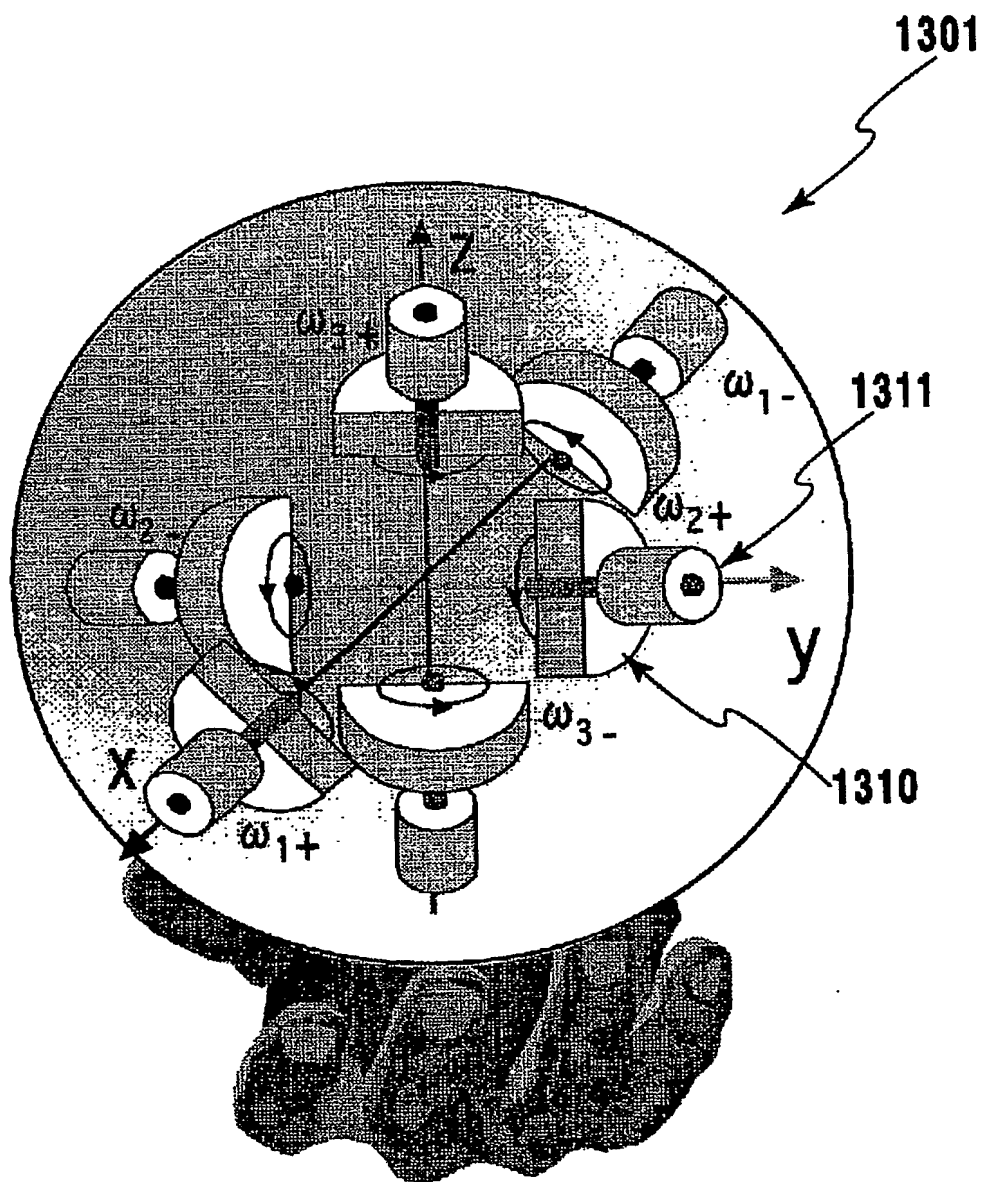


(図 12-2)

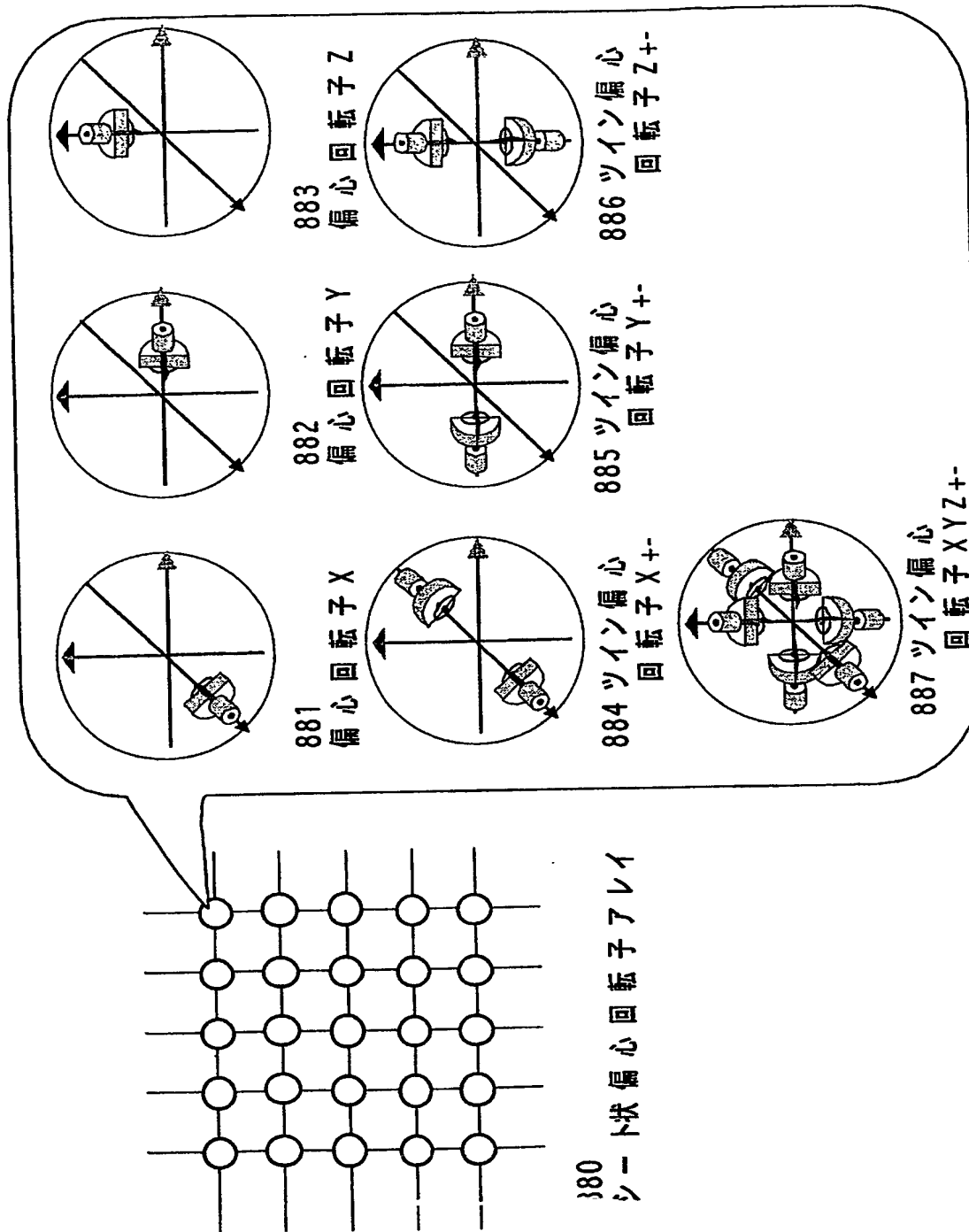




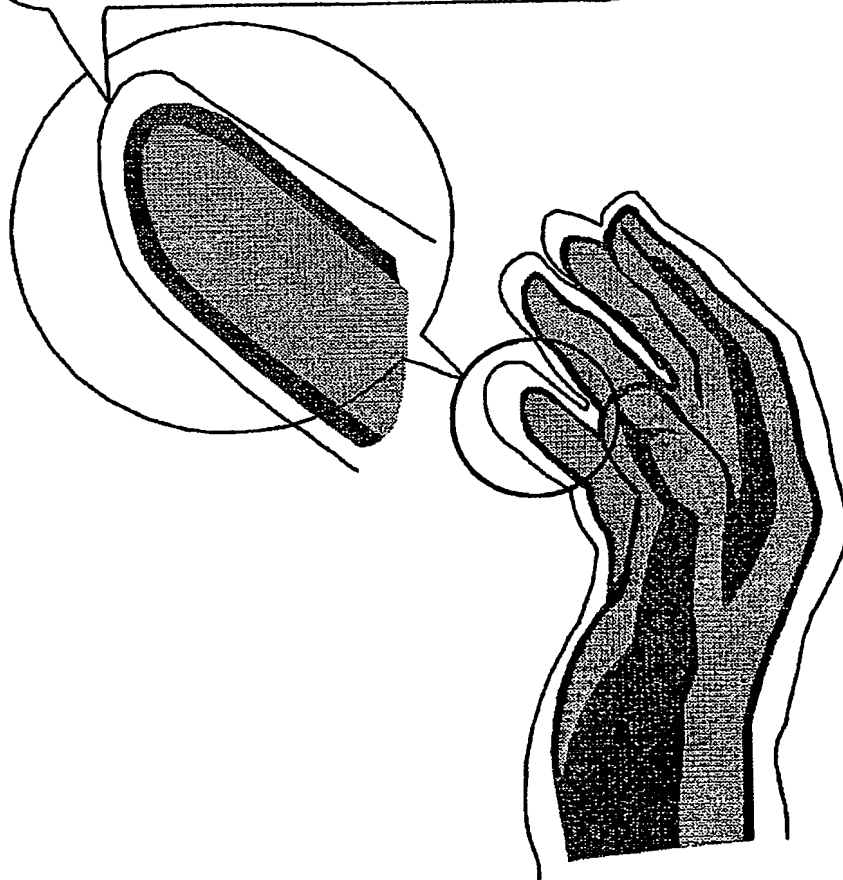
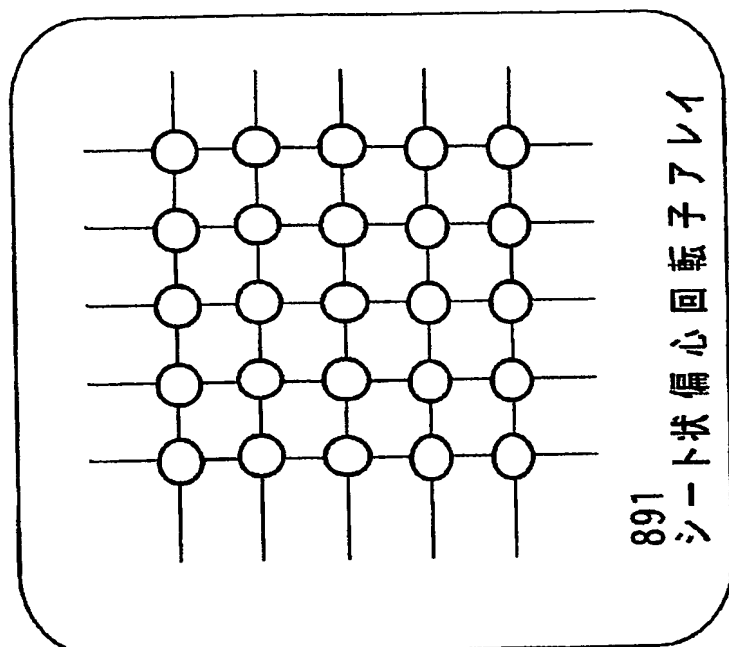
【図 13】



【図 14】

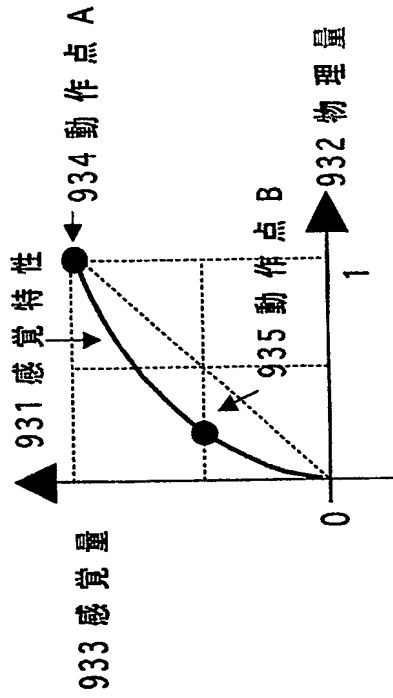


【図15】

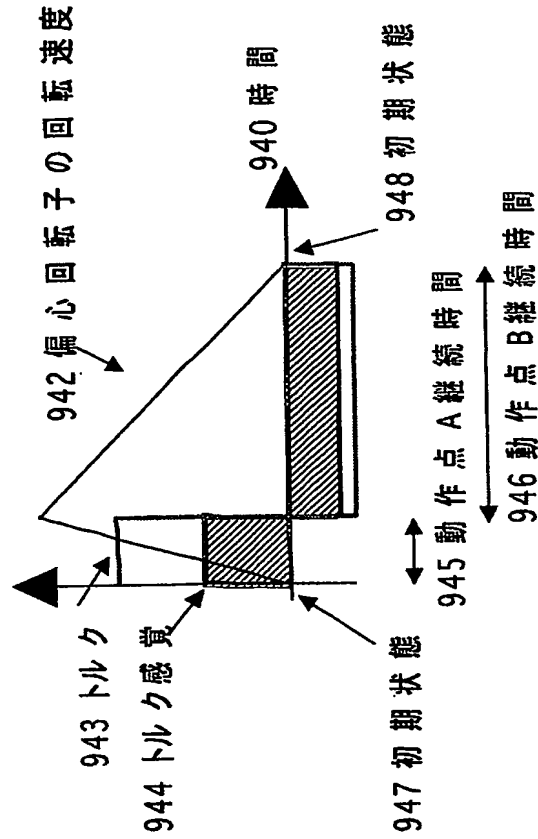


【図16】

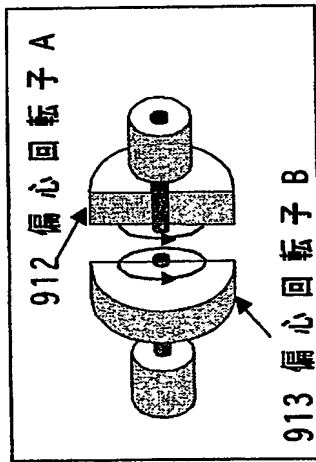
(図16-3)



(図16-4)

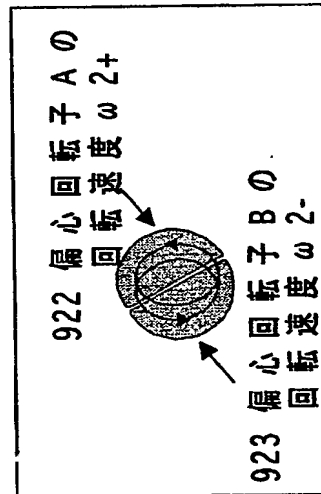


(図16-1)



911 ツイン偏心回転子

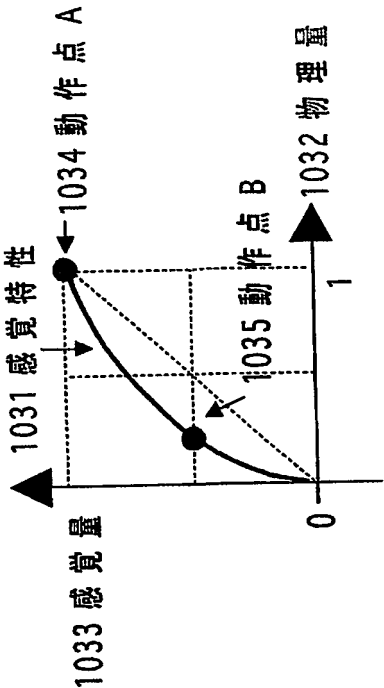
(図16-2)



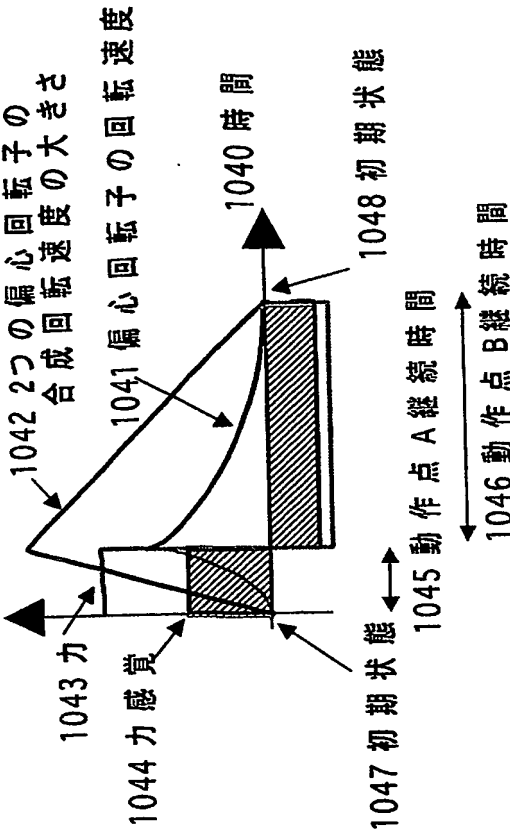
921 トルク提示用  
ツイン偏心回転子  
の位相関係

【図 17】

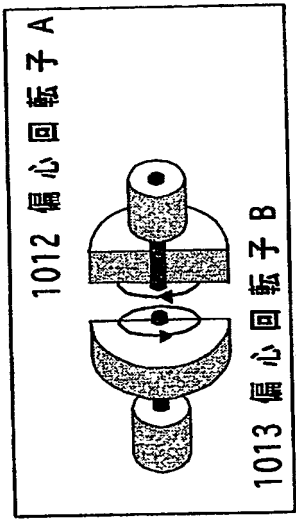
(図 17-3)



(図 17-4)

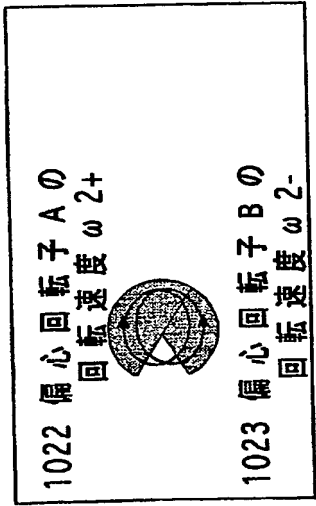


(図 17-1)



1011 ツイン偏心回転子

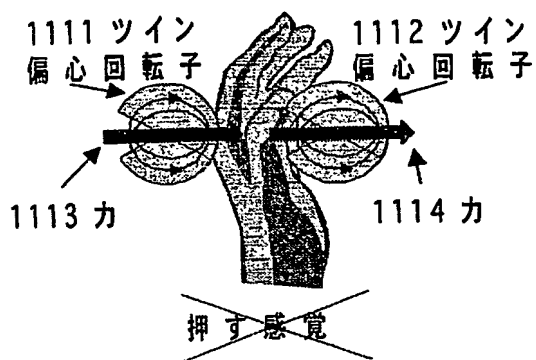
(図 17-2)



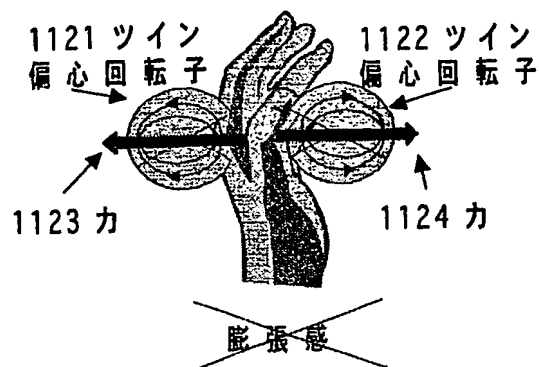
1021 力提示用  
ツイン偏心回転子  
の位相関係

【図18】

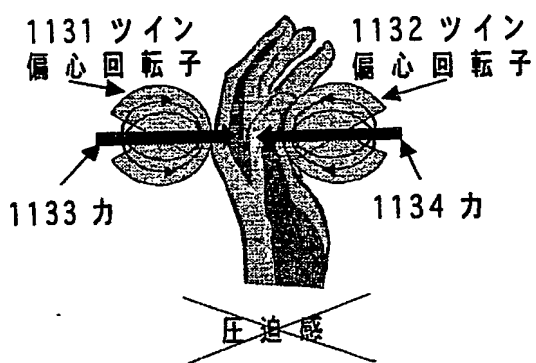
(図18-1)



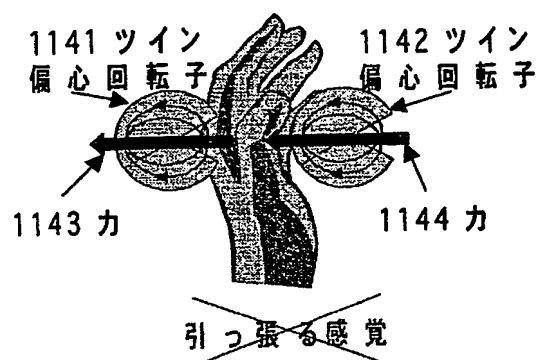
(図18-2)



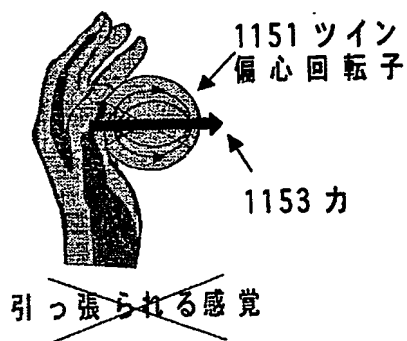
(図18-3)



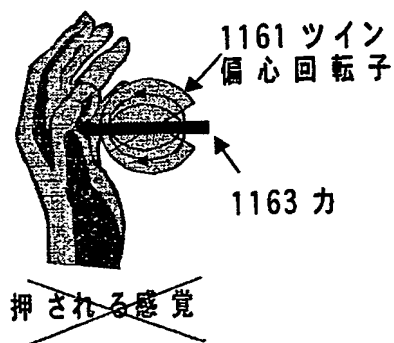
(図18-4)



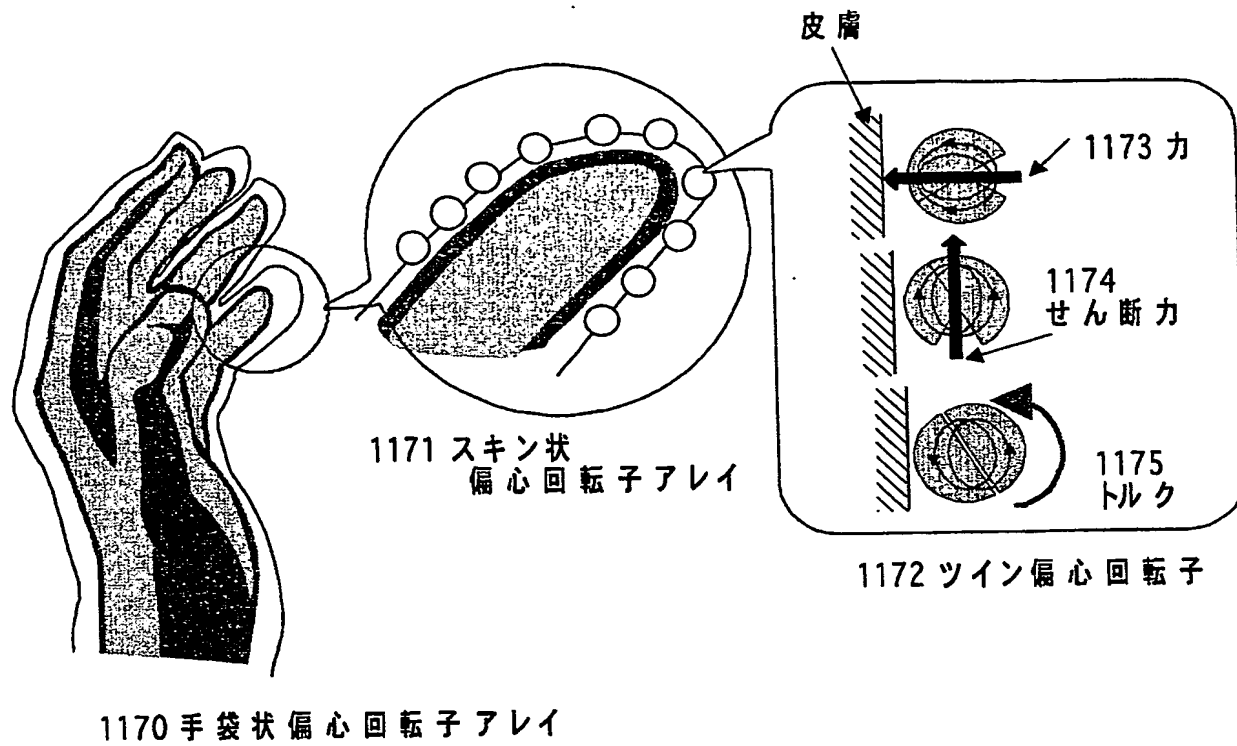
(図18-5)



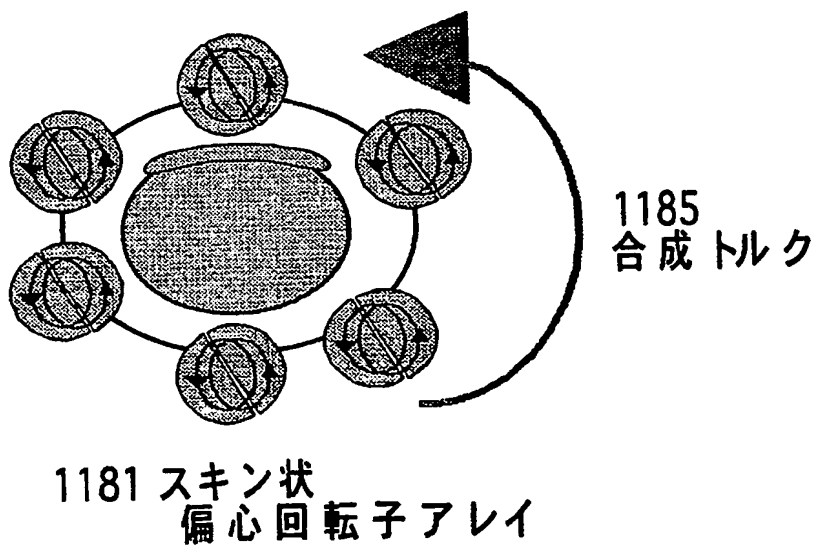
(図18-6)



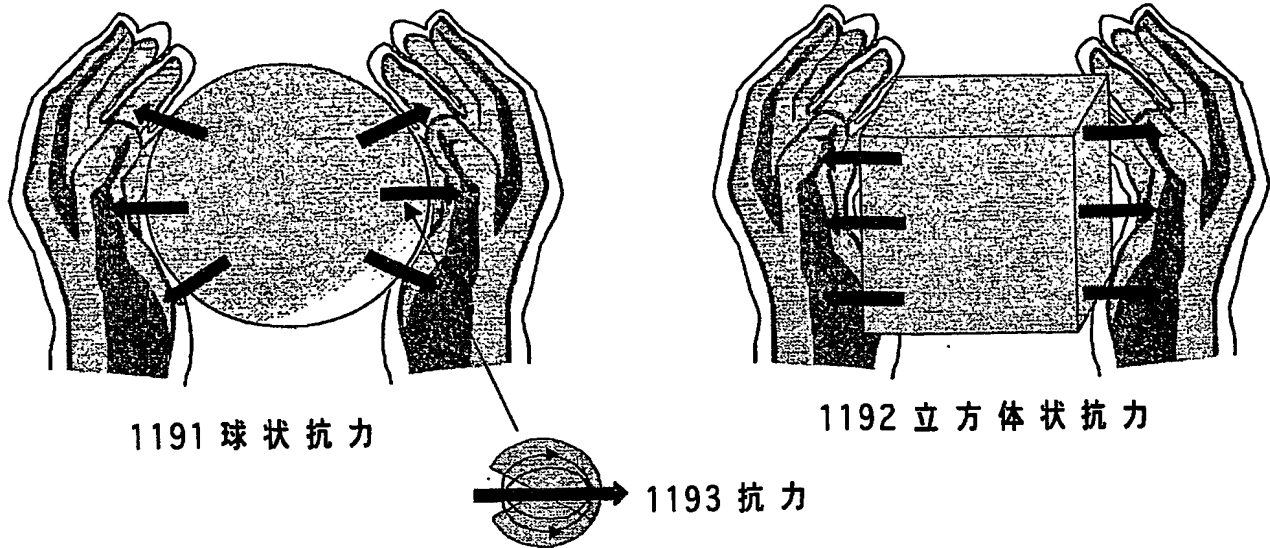
【図 19】



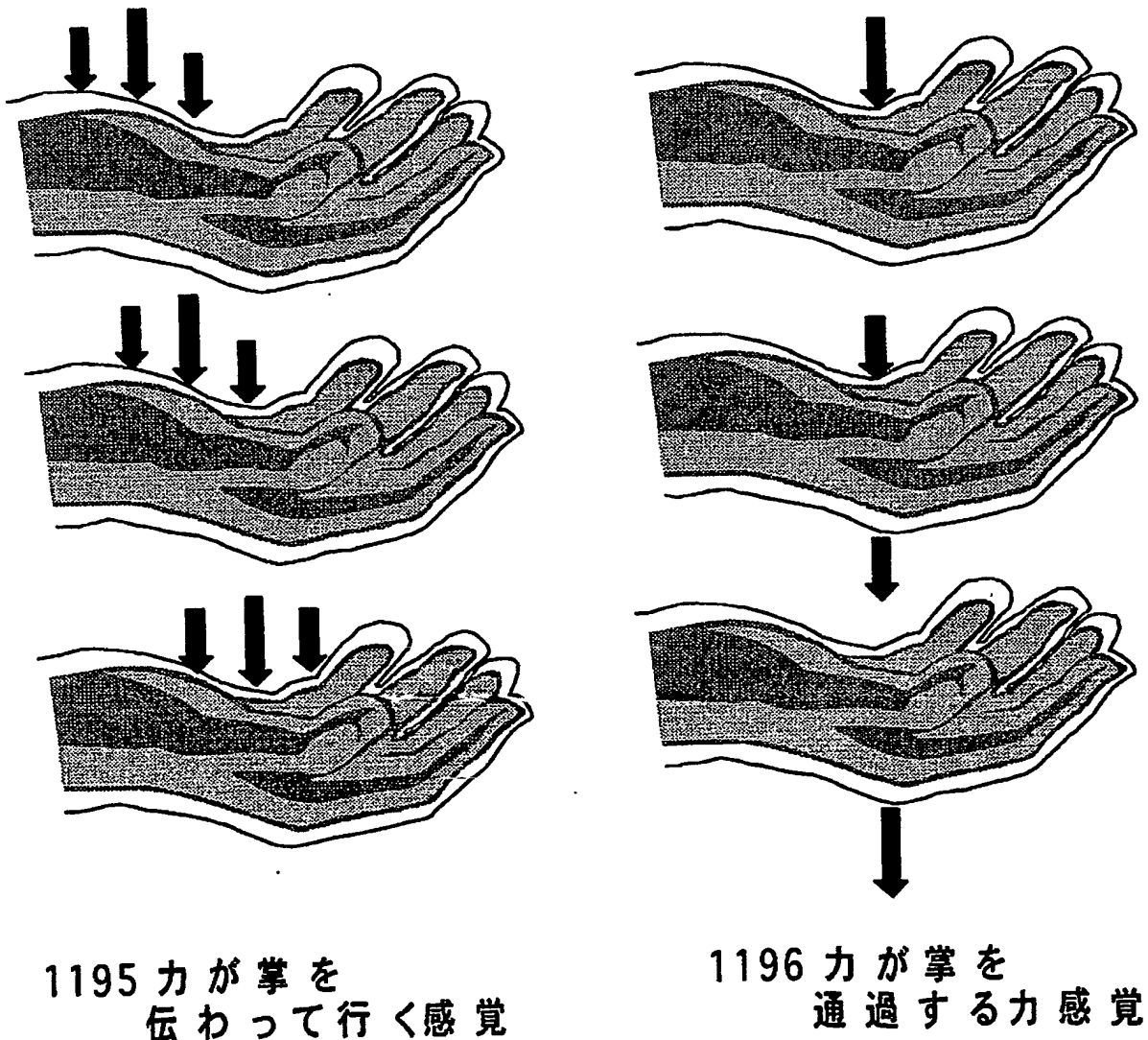
【図 20】



【図21】



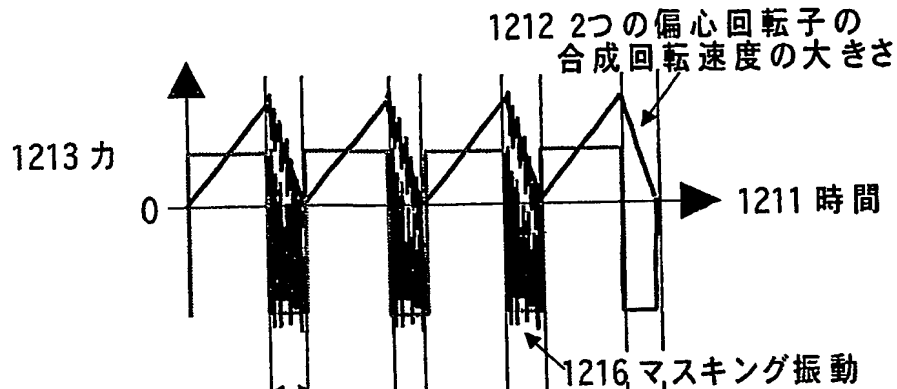
【図22】



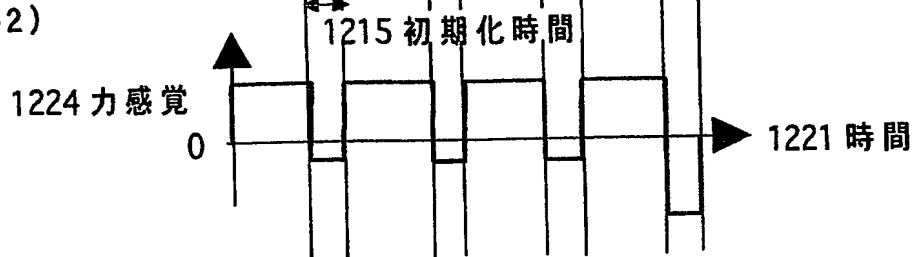


【図 23】

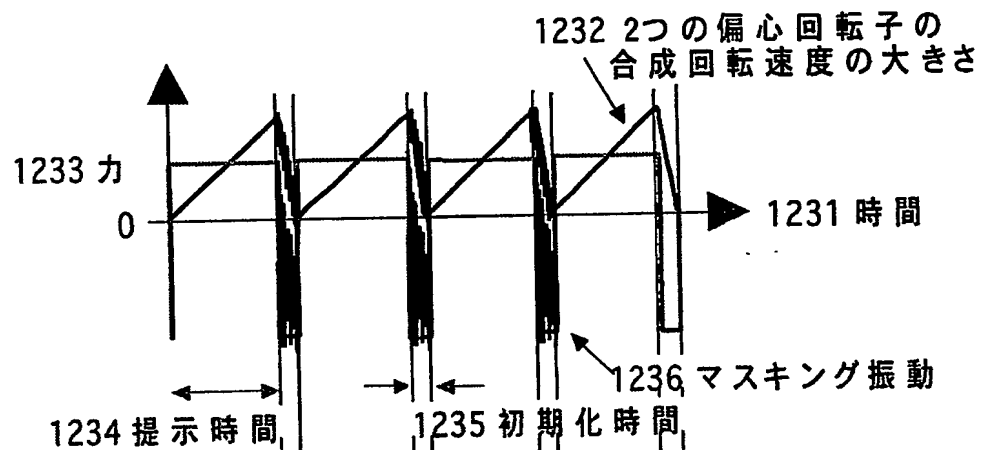
(図 23-1)



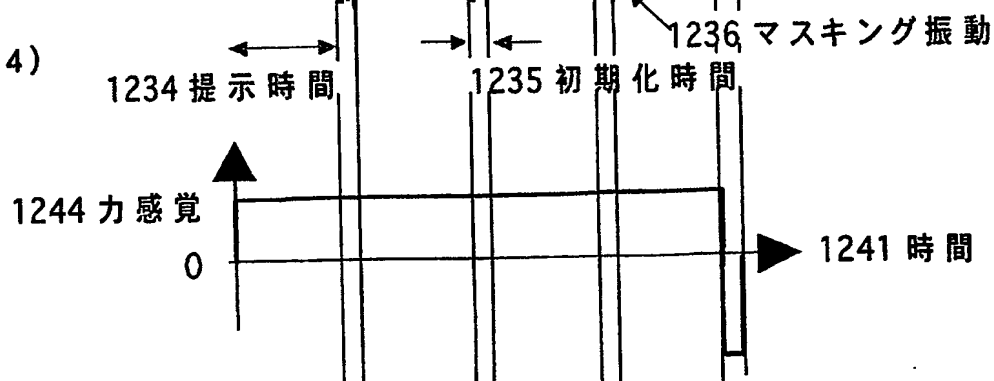
(図 23-2)



(図 23-3)

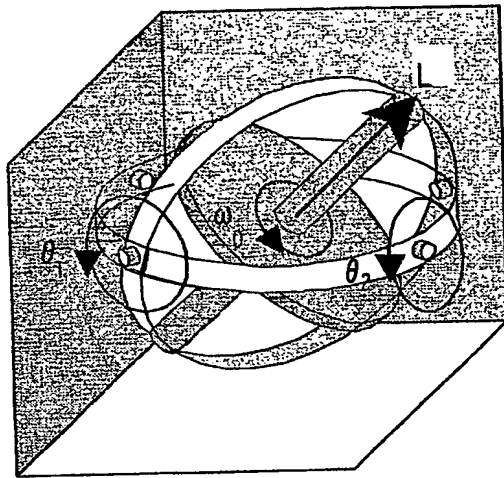


(図 23-4)

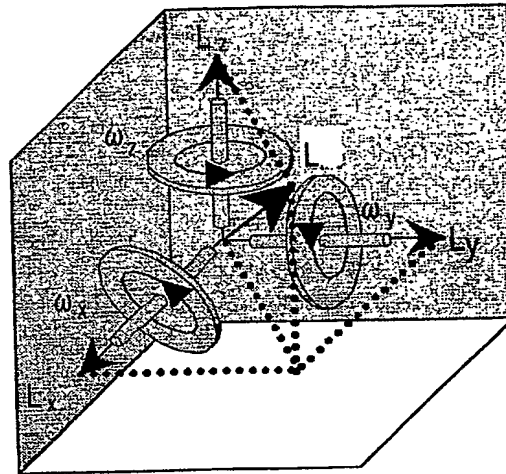


【図 24】

(図 24-1)



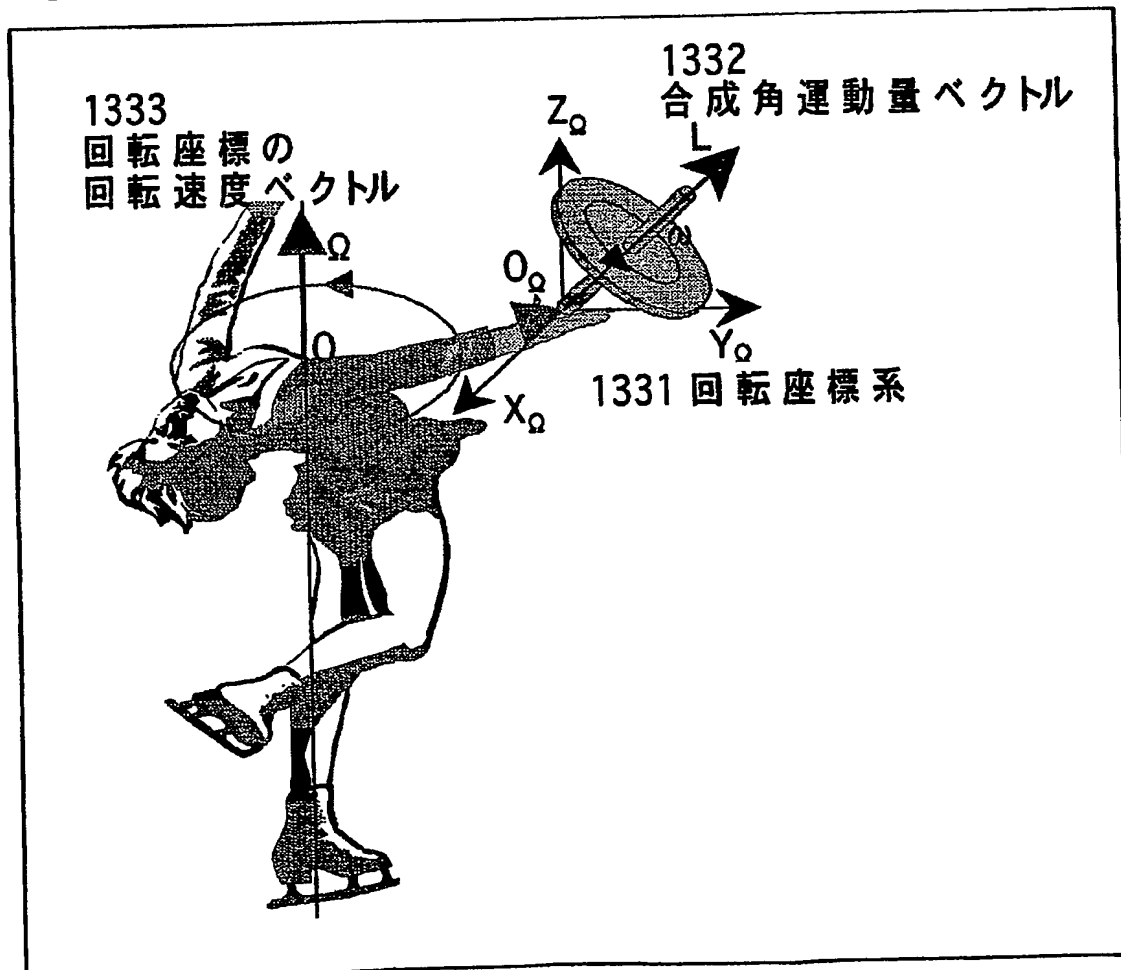
(図 24-2)



1311 ジャイロ型

1312 合成角運動量ベクトル微分型

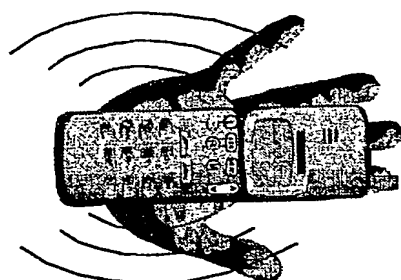
【図 25】



1330 慣性座標系

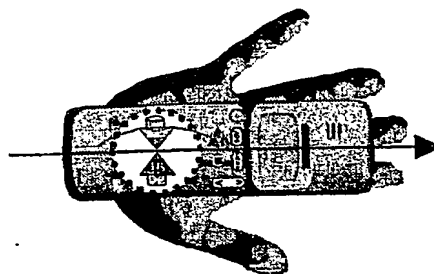
【図 26】

(図 26-1)



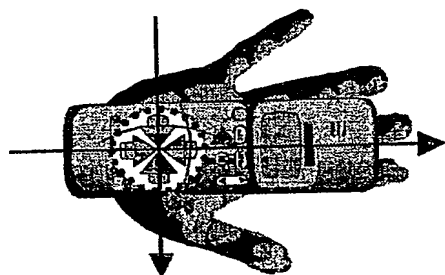
1341 バイブレーション

(図 26-2)



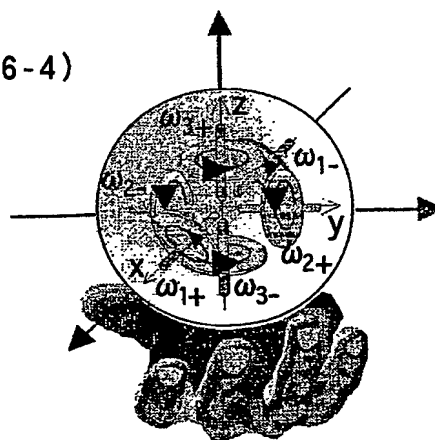
1342 1次元トルク提示

(図 26-3)



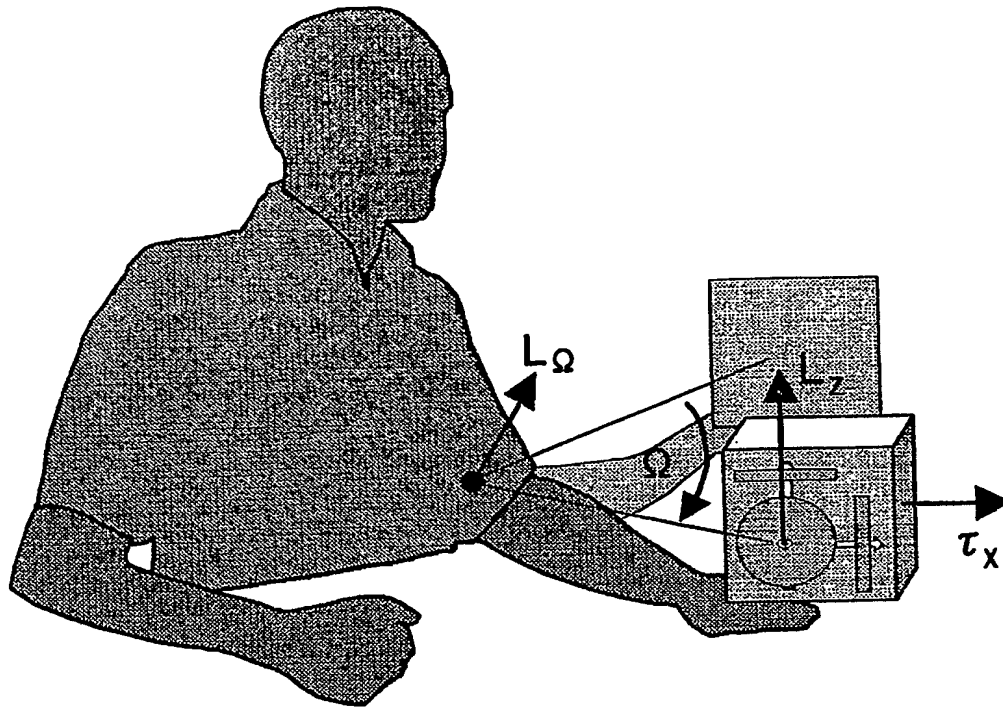
1343 2次元トルク提示

(図 26-4)



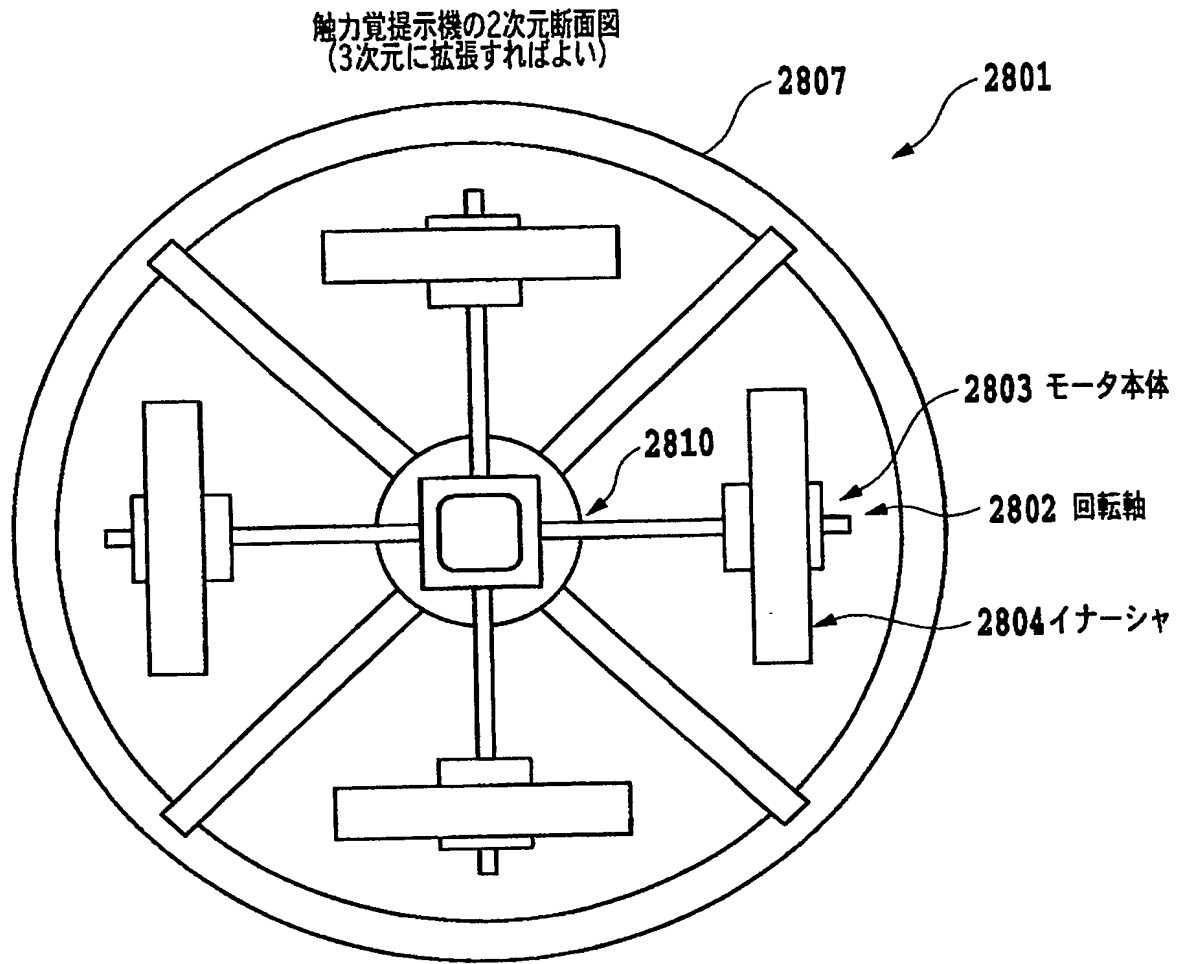
1344 3次元トルク提示

【図 27】

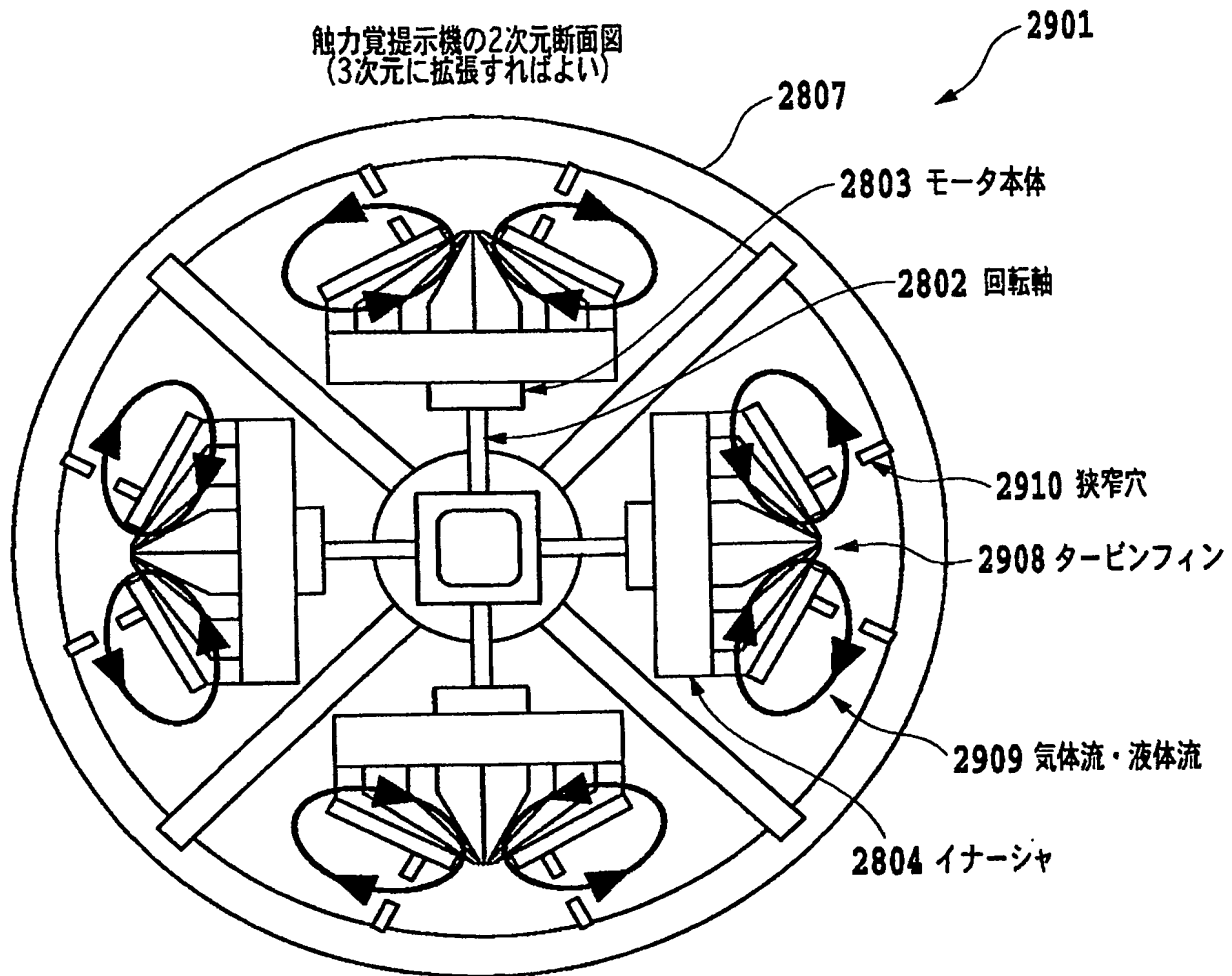


1351 スタビライザー

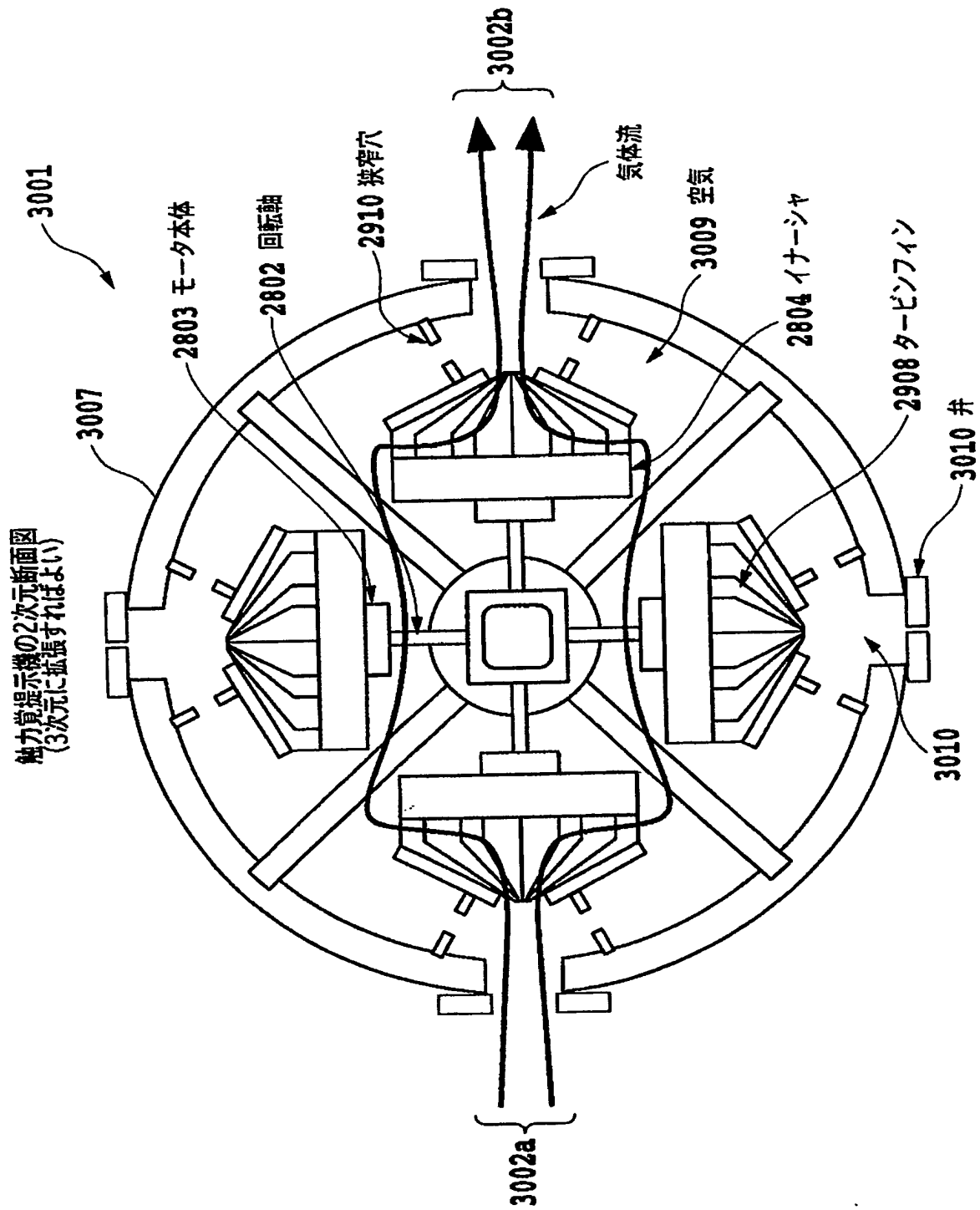
【図 28】



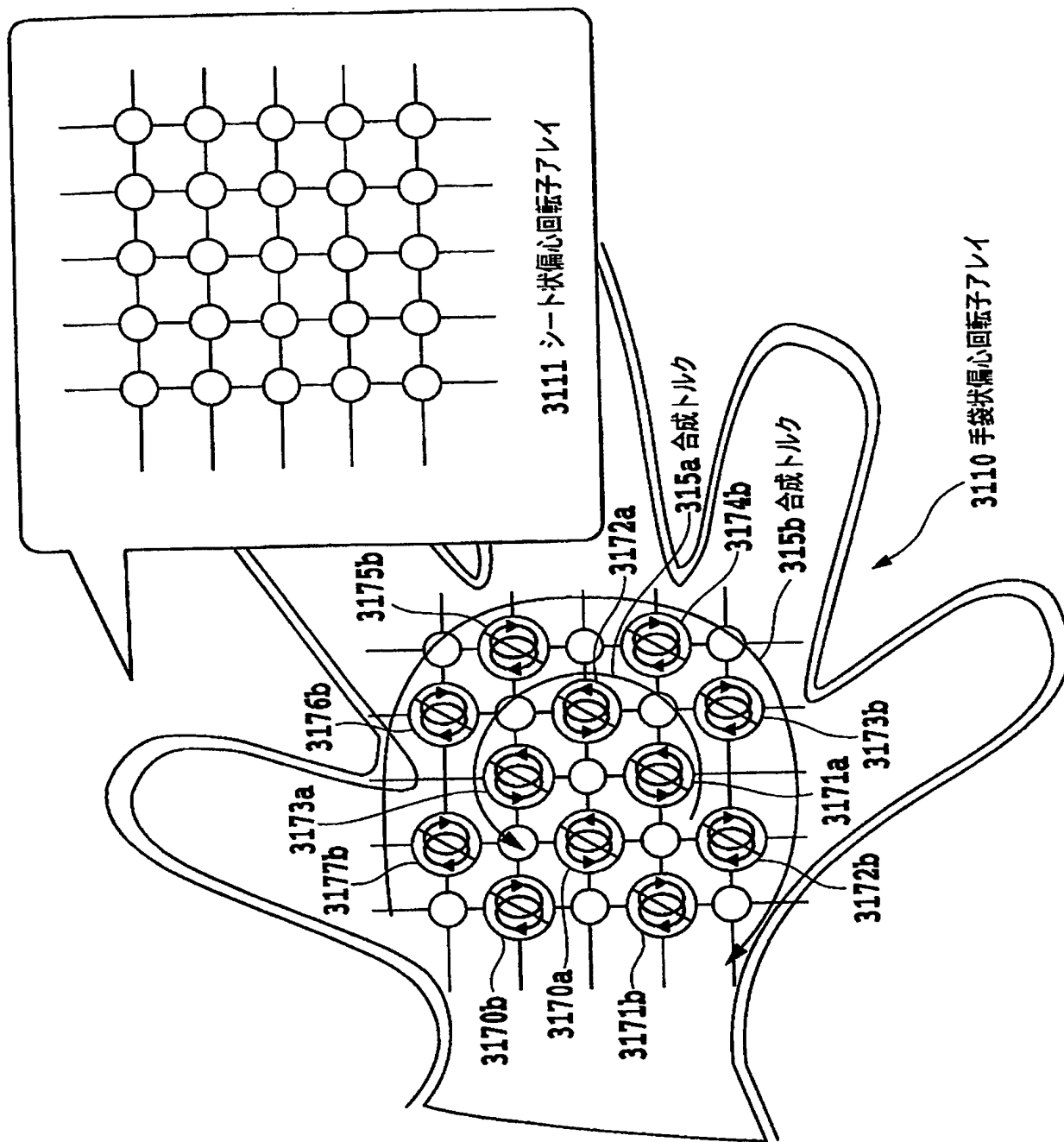
【図 29】



【図 30】

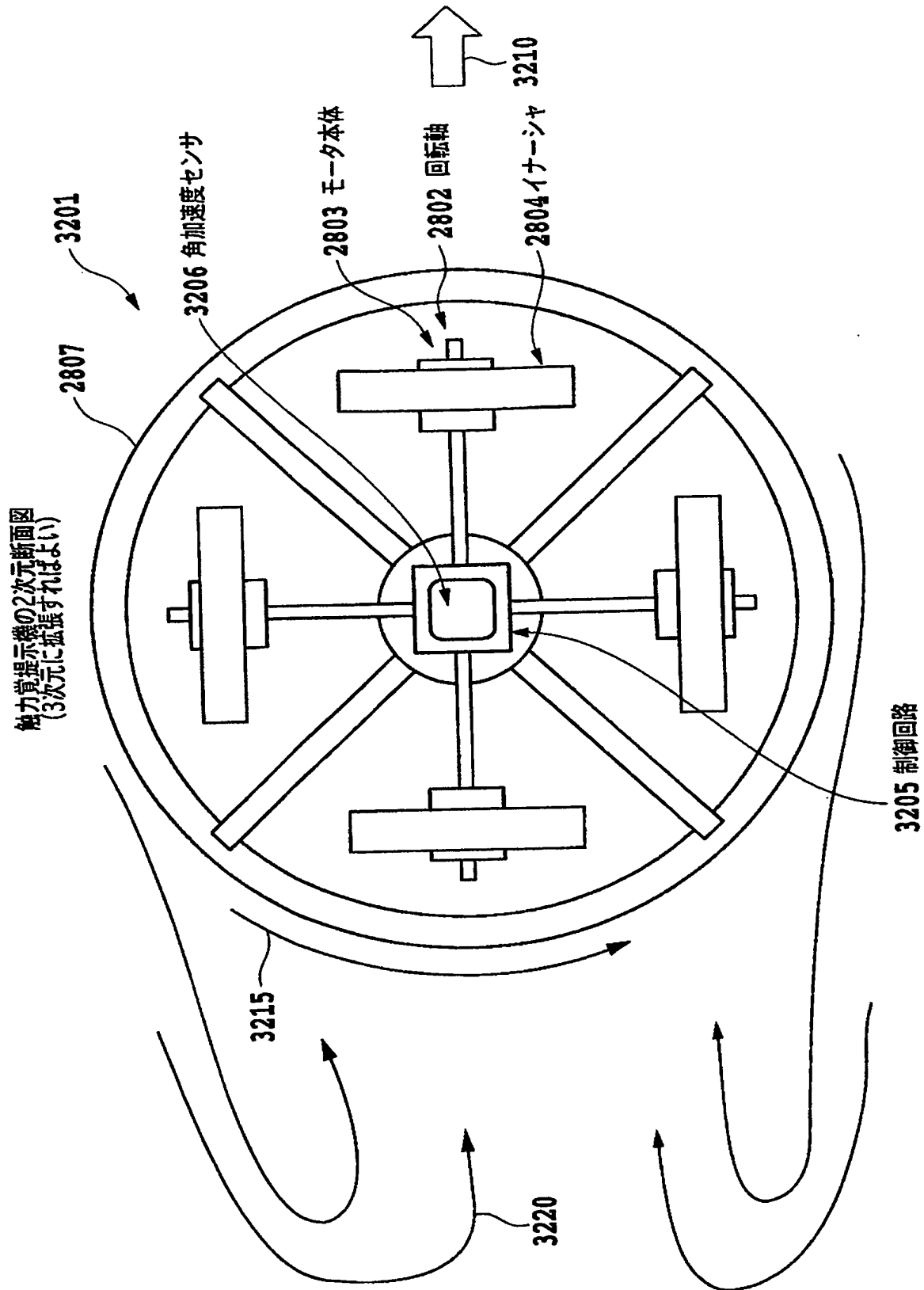


【図 31】

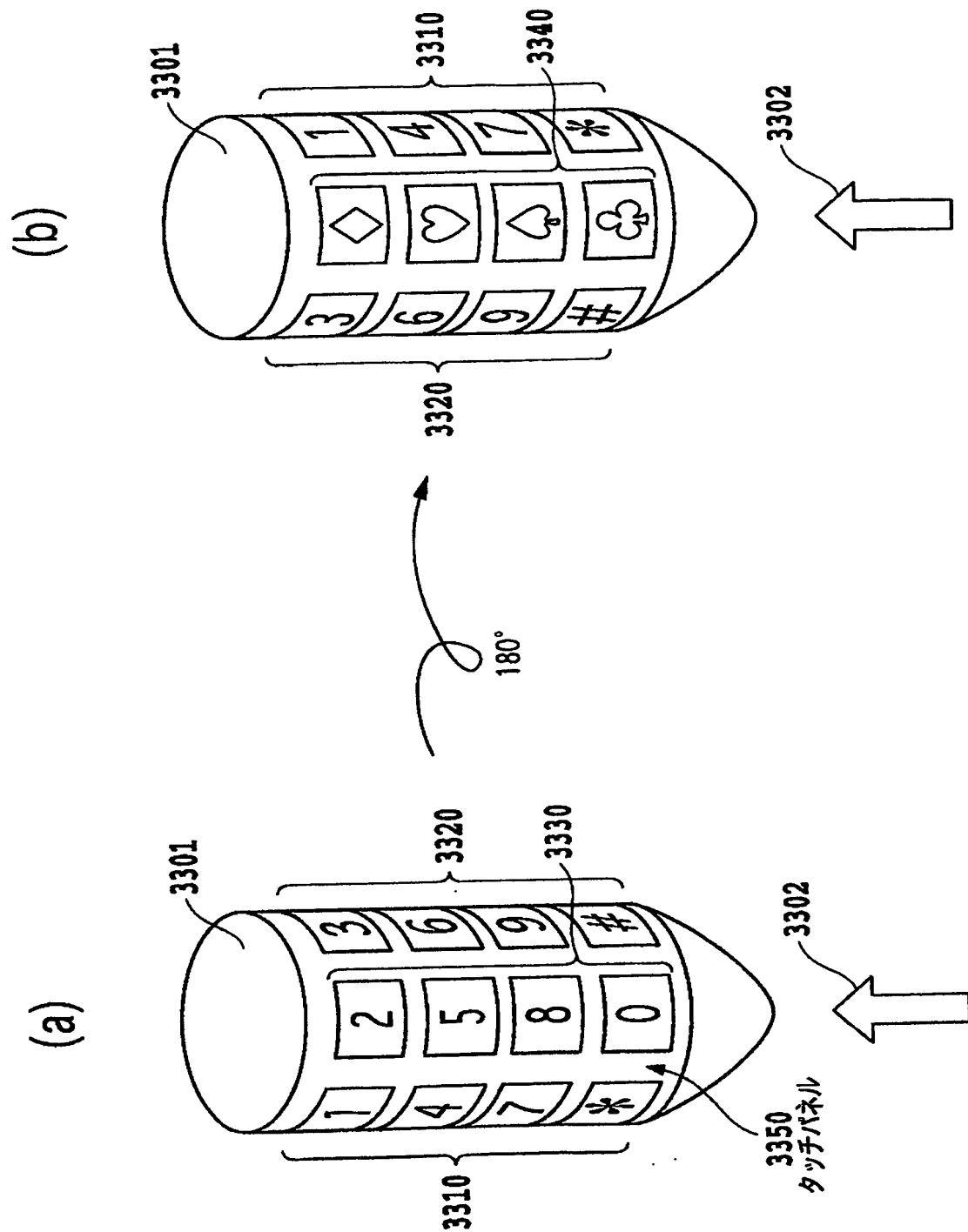




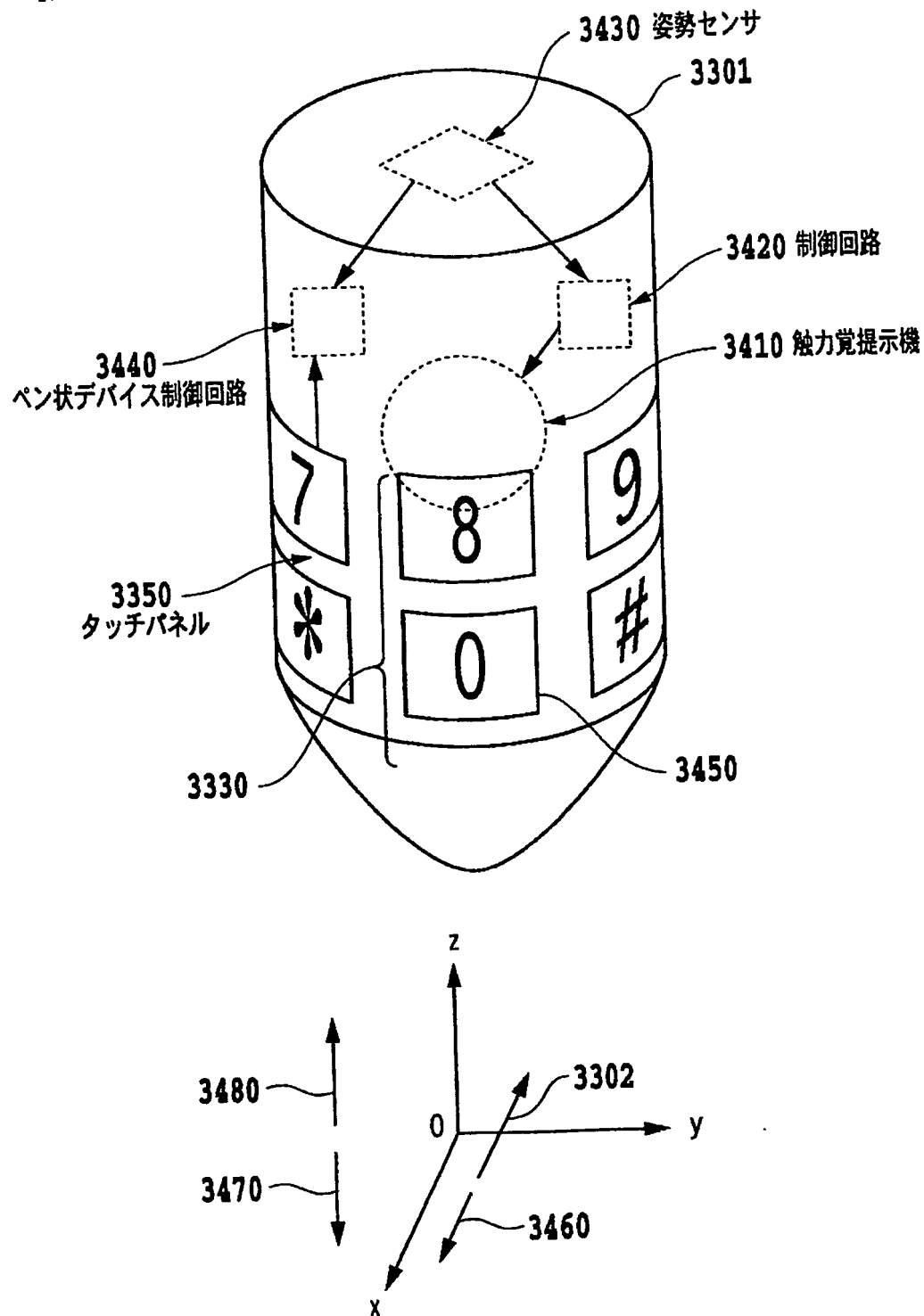
【図 32】



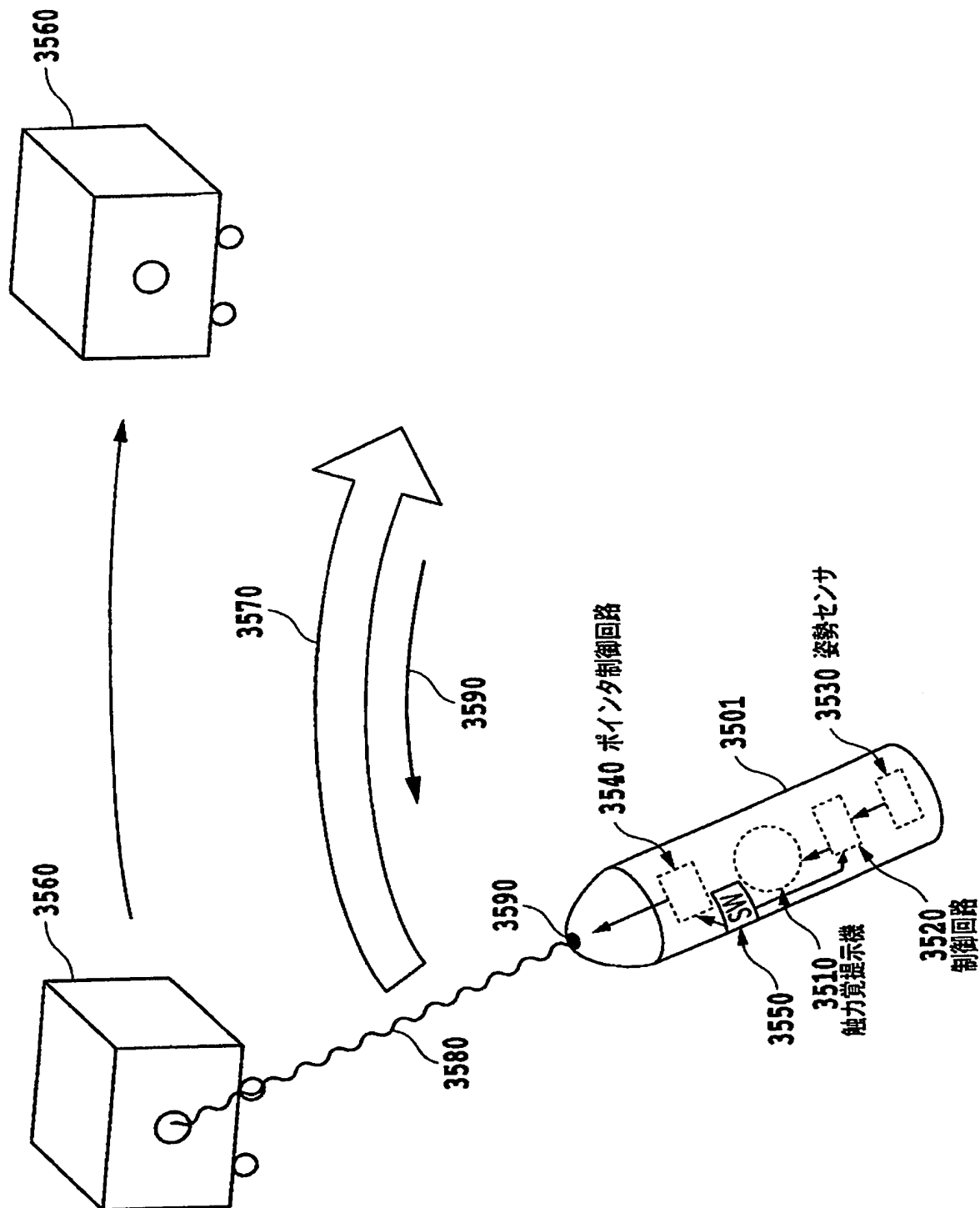
【図33】



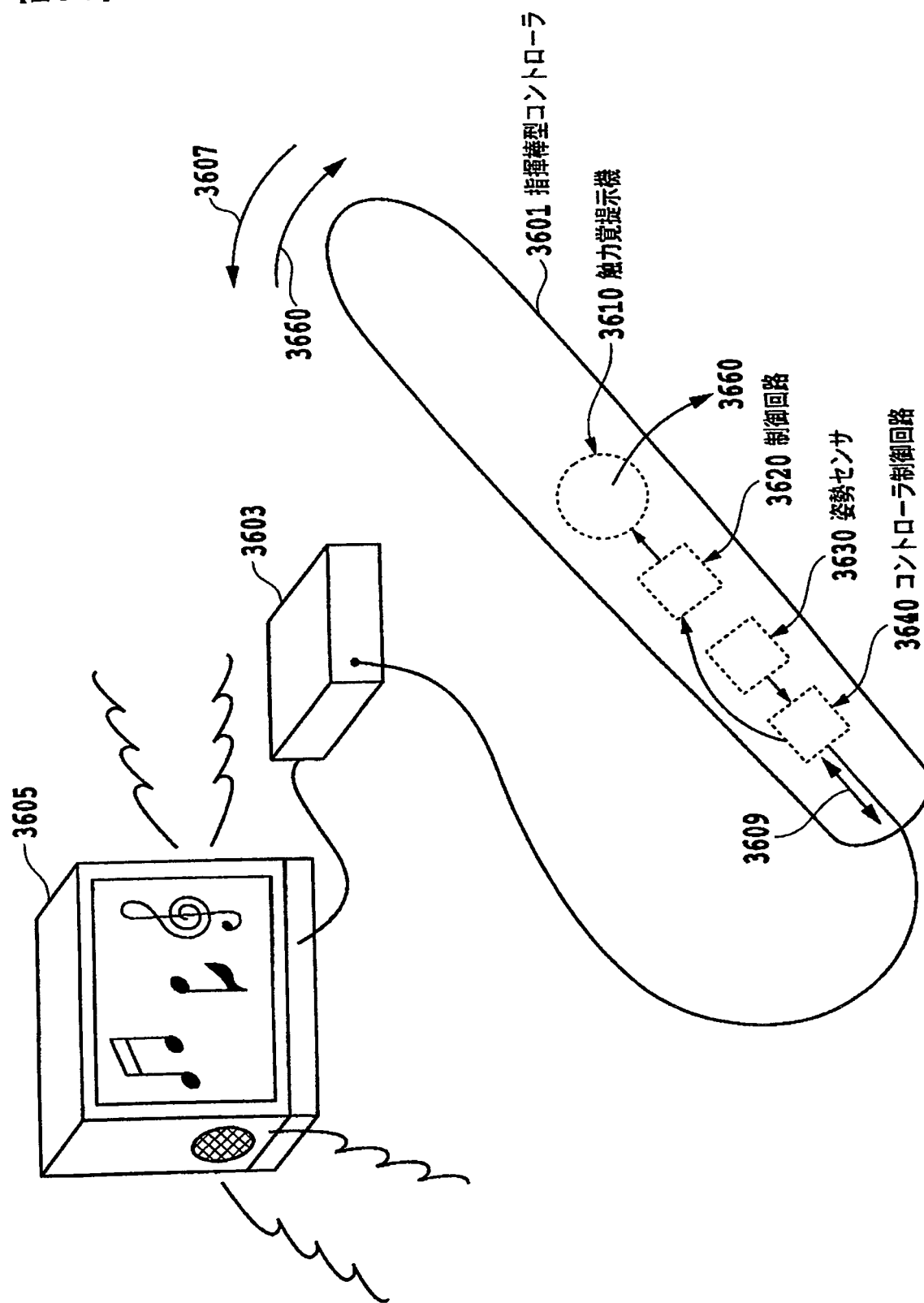
【図 34】



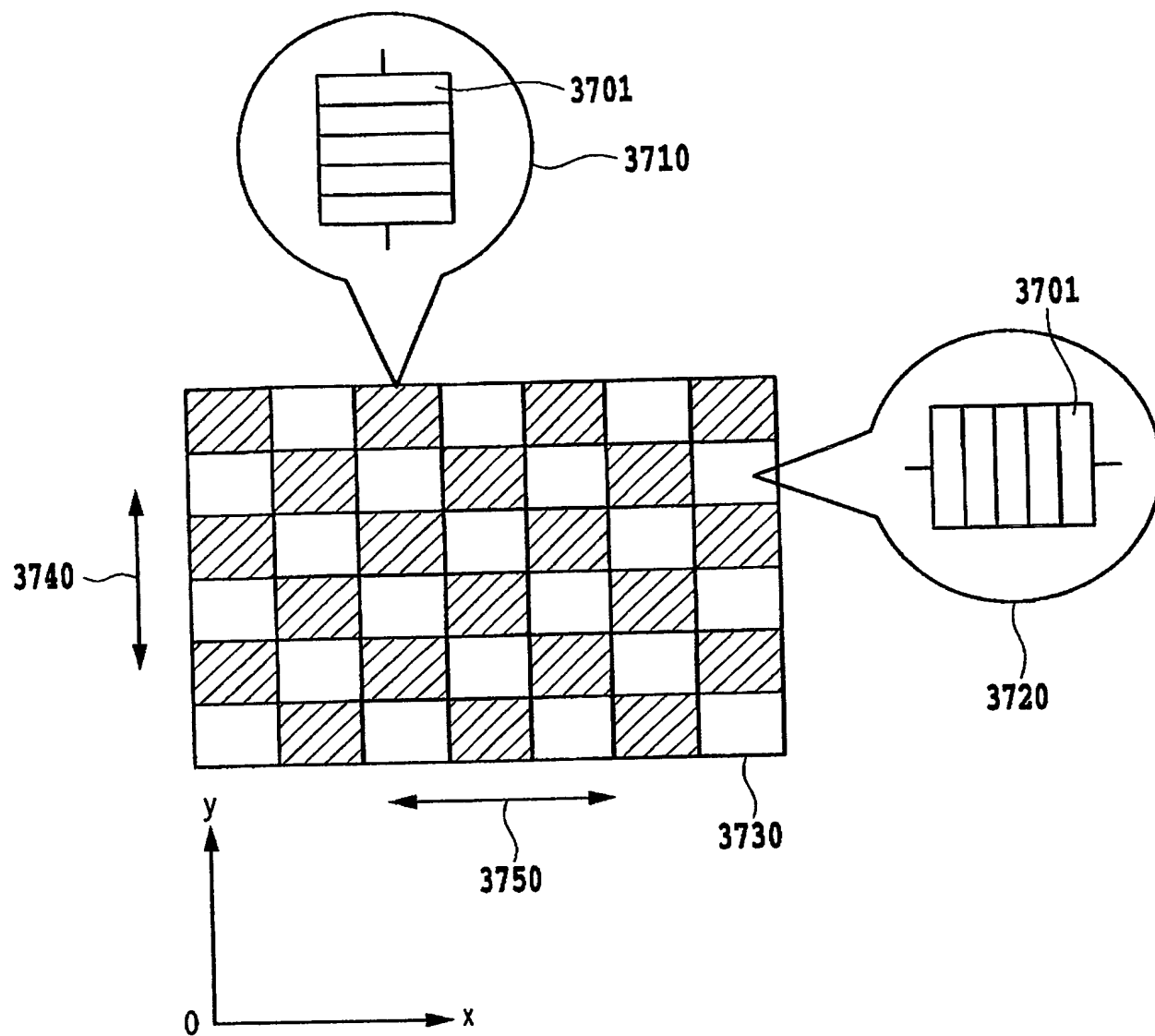
【図 35】



【図 36】

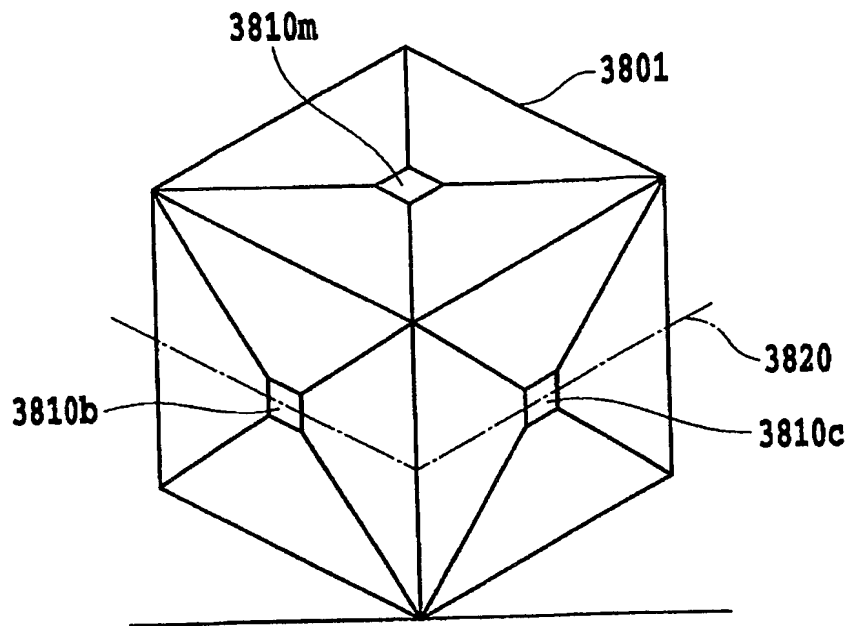


【図 37】

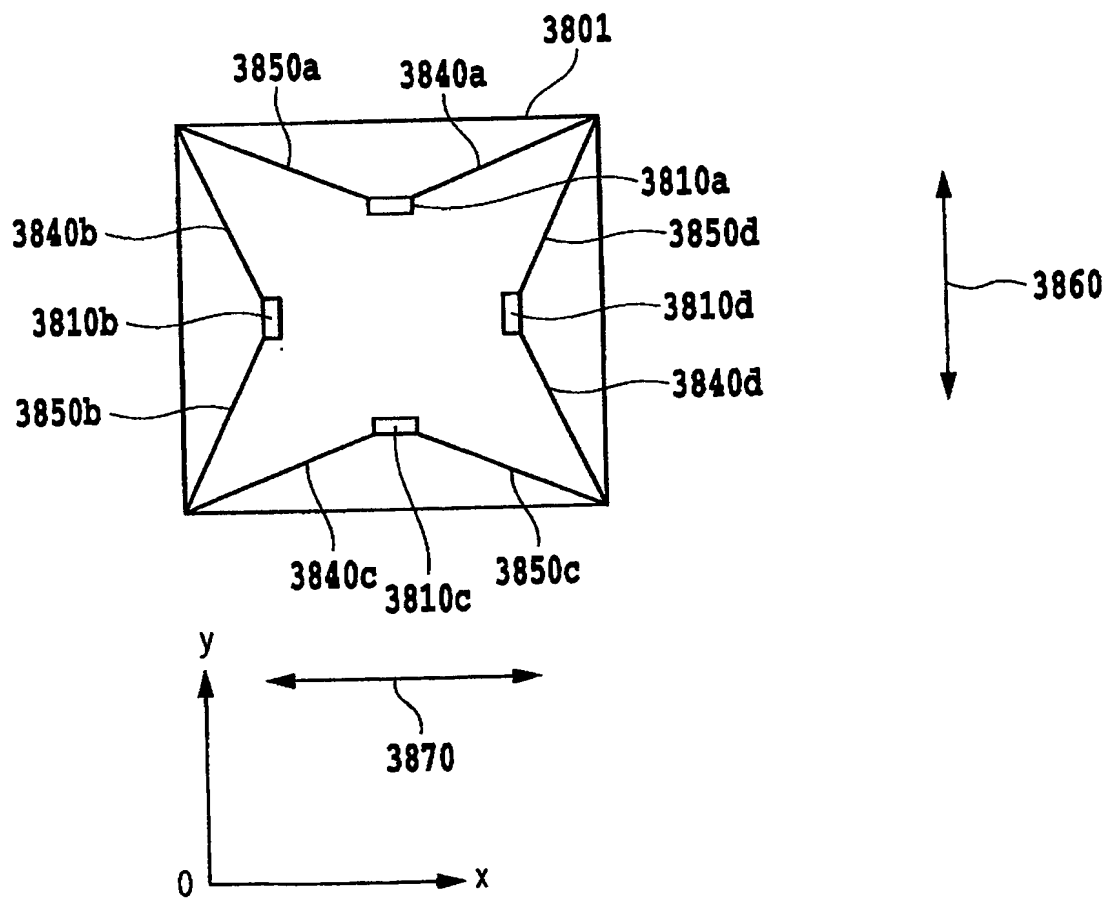


【図 38】

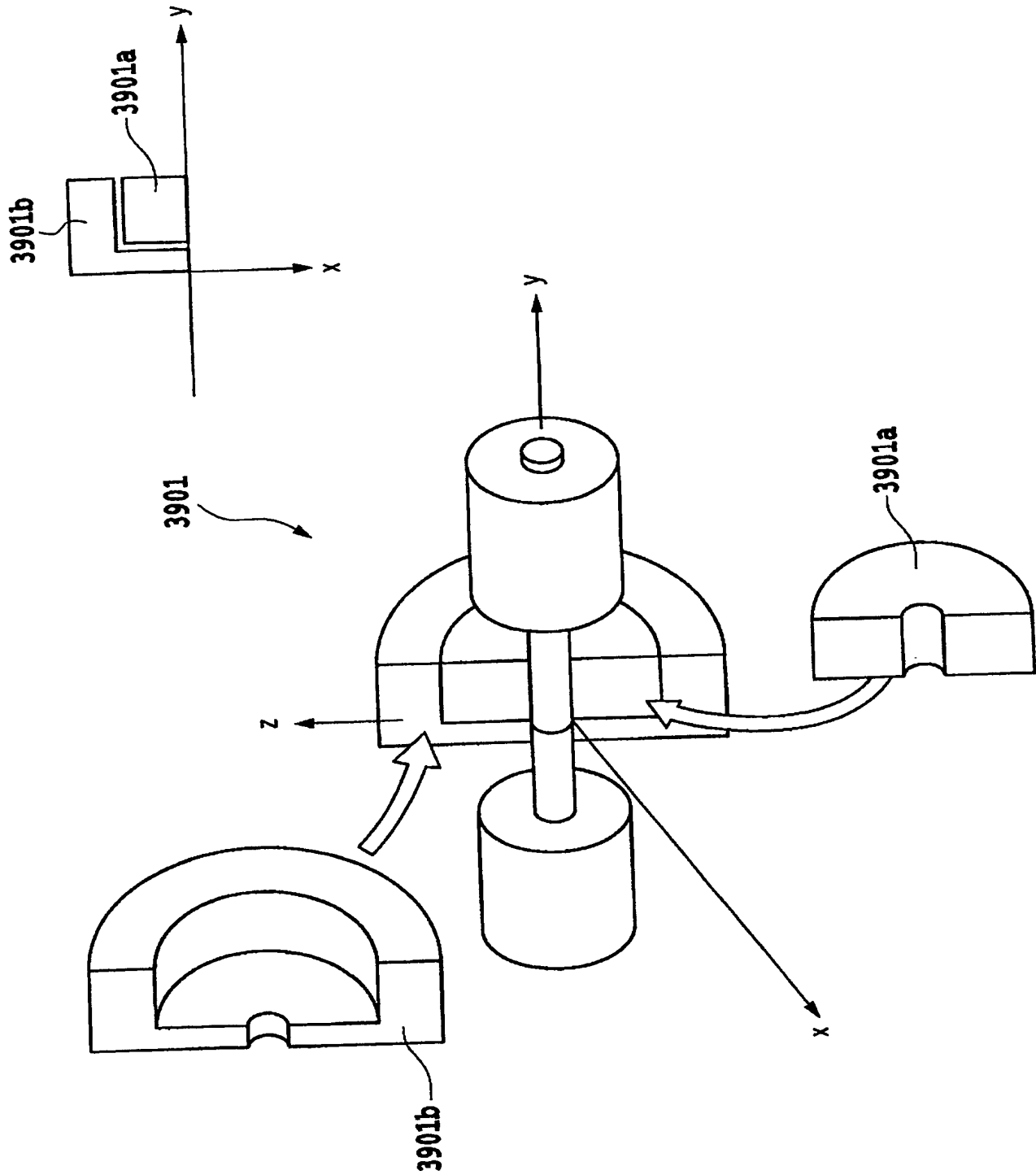
(a)



(b)

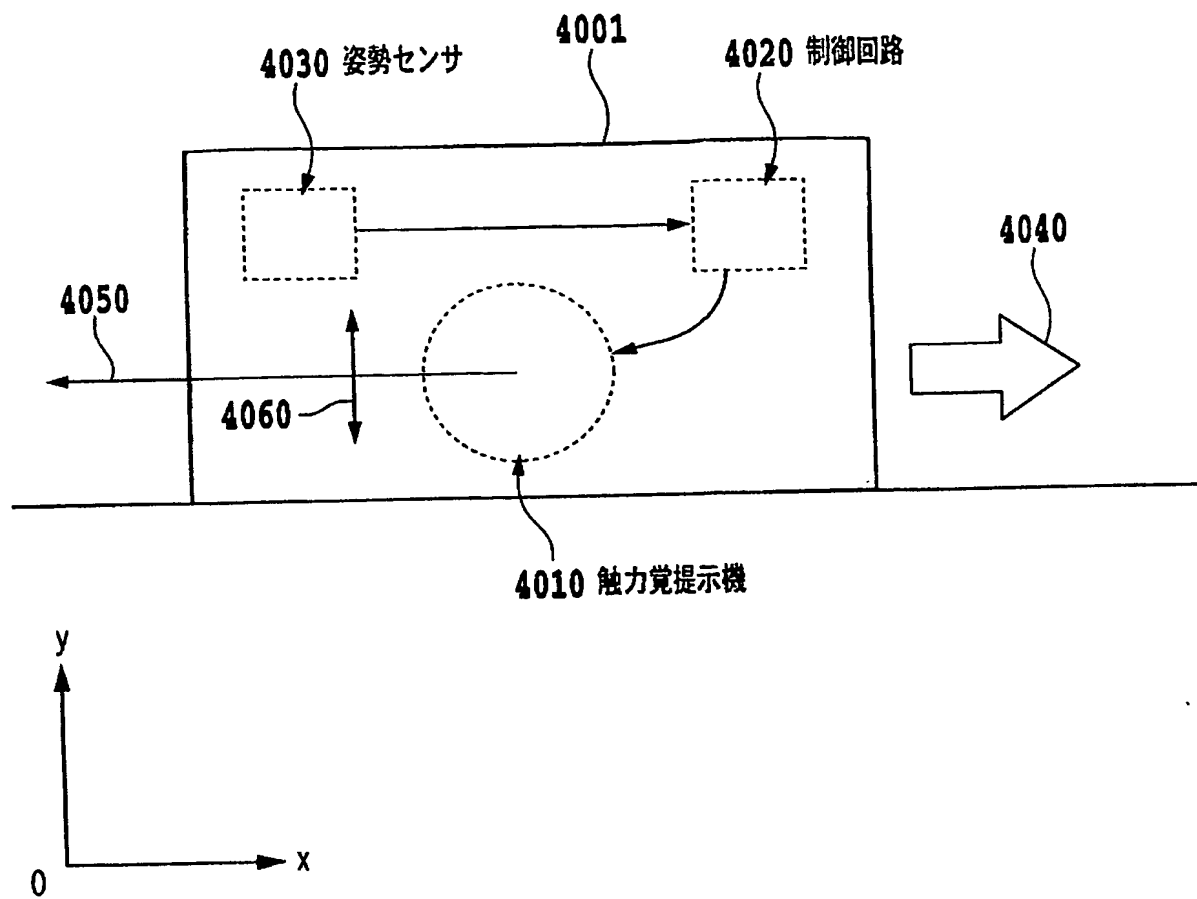


【図 39】

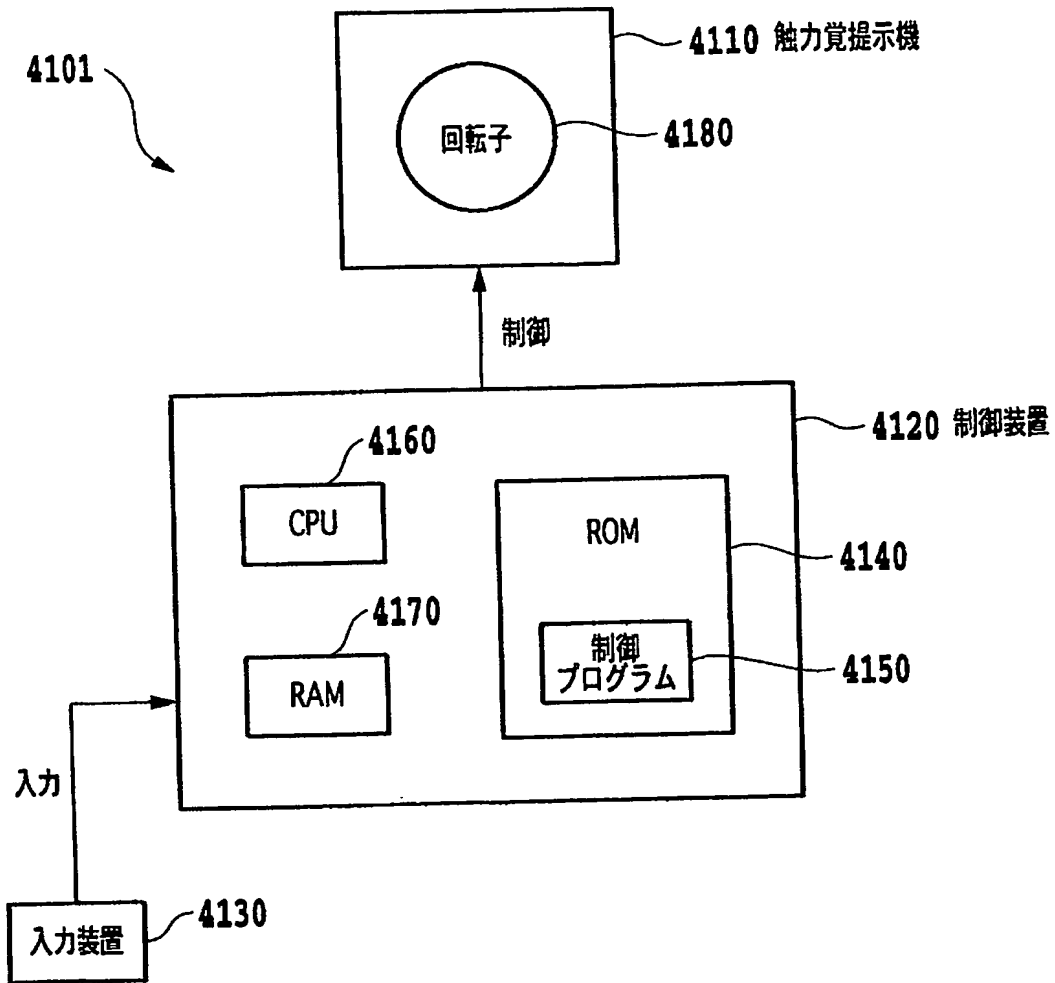




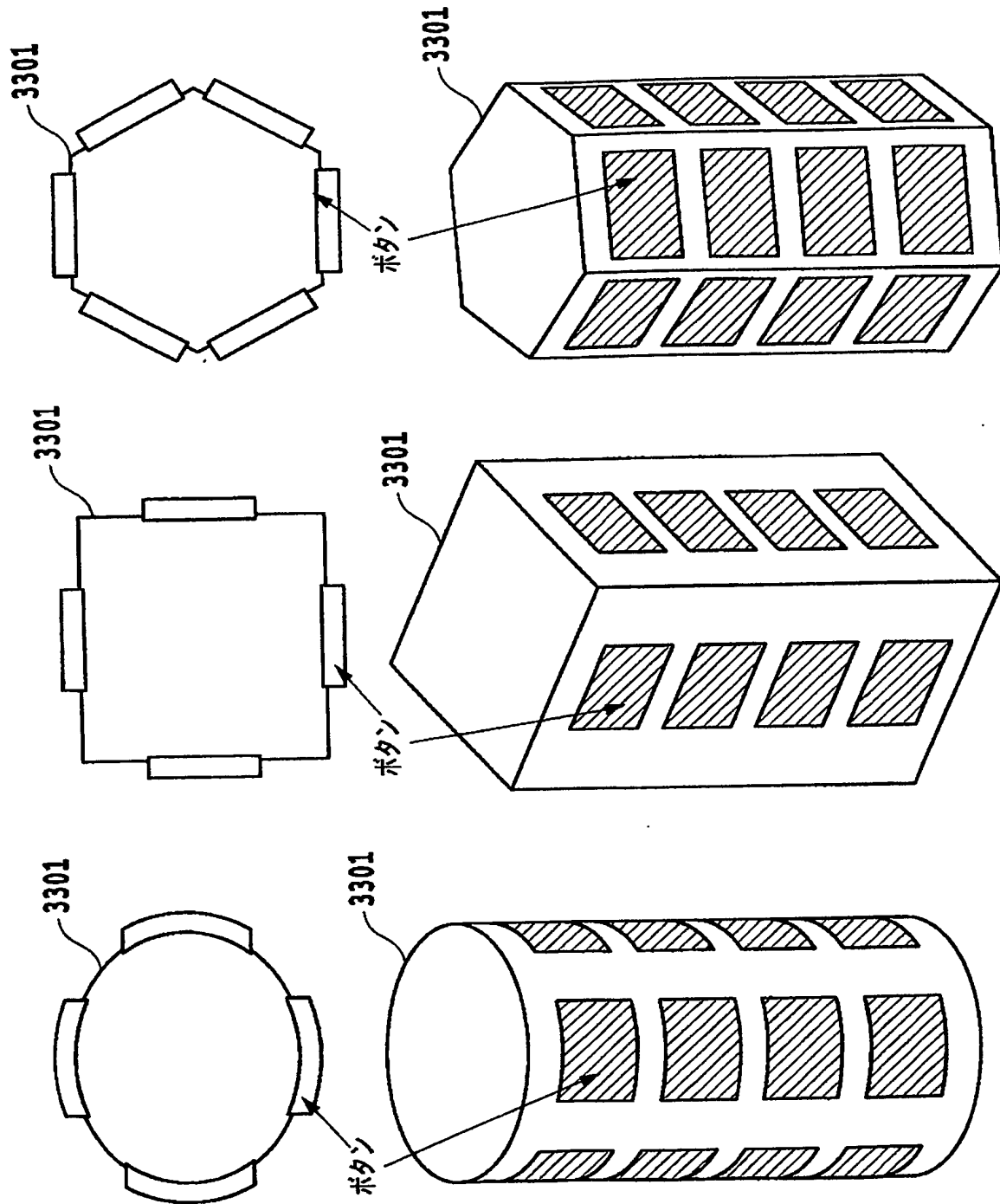
【図 40】



【図 41】



【図 4 2】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 人に仮想物体の存在や衝突の衝撃力を与える従来の非接地型で身体内にベースがないマンマシンインタフェースにおいて、触力覚感覚提示機の物理的特性だけでは提示し得ない、同一方向にトルクおよび力などの触力覚感覚を連続的に提示できるシステムおよび方法を実現する。

**【解決手段】** 触力覚提示機 112 は、制御装置 111 により、触力覚提示機 112 中の 1 個以上からなる回転子の回転速度が制御され、その物理特性である振動、力、トルクが制御されることによって、ユーザ 110 にその振動、力、トルクなどの様々な触力覚情報を知覚させる。この触力覚情報提示システムは、人間の感覚特性、もしくは錯覚を利用して適切に物理量を制御することにより、物理的には存在し得ない力、もしくは触力覚的感覚物理特性を人に体感させる。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 4 - 3 3 1 2 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 0 1 0 2 1 5 3 3 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017277

International filing date: 19 November 2004 (19.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-331263  
Filing date: 15 November 2004 (15.11.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**